

3100097009831

TUGAS AKHIR
(NE 1701)

ANALISA KEANDALAN
SISTEM REDUCTION GEAR
PALINDO 500



RSke
623.862
Win
A-1
1996

Disusun oleh :

WINARDI
NRP. 4924200316

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	23 SEP 1996
Terima Dari	H
No. Agenda Frp.	6546

JURUSAN TEKNIK SISTIM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996

ANALISA KEANDALAN SISTEM REDUCTION GEAR PALINDO 500

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Jurusan Teknik Sistim Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



(Ir. Suryo Widodo Adji, M.Sc.)



TUGAS AKHIR

ABSTRAK

ABSTRAK

Sistem reduction gear Palindo 500 ini menggunakan sistem clutch hidrolis. Sistem clutch ini sesuai untuk mentransmisikan putaran dan daya besar karena getaran dari sisi penggerak dan tumbukkan dari sisi beban tidak saling diteruskan juga sistem ini tidak mengalami momen yang berlebihan. Sistem clutch hidrolis cukup kompleks dan sangat vital fungsinya dalam transmisi daya sehingga dituntut keandalan yang tinggi karena berpengaruh langsung terhadap kinerja (*performance*) kapal.

Dalam analisa keandalan sistem reduction gear Palindo 500 ini sistem dimodelkan dalam diagram blok keandalan berupa minimal cut set-minimal cut set untuk mendapatkan persamaan keandalan sistem (R_{sistem}), dengan memasukkan nilai - nilai *failure rate* (λ) dari masing-masing komponen dan interval jam operasi (t) sistem akan didapatkan nilai-nilai keandalan sistem, dengan nilai-nilai ini kita dapat mengetahui sejauh mana probabilitas keandalan sistem tersebut dan kapan sistem akan mengalami penurunan keandalan. Dalam analisa keandalan sistem reduction ini juga dicari waktu perbaikan rata-rata sistem (MTTR) dan waktu kegagalan rata-rata (MTTF), untuk mencari MTTF sistem dilakukan dengan cara mengintegrasikan persamaan keandalan sistem yang telah didapat. Dengan menjumlahkan MTTR dan MTTF sistem kita dapat menghitung waktu rata-rata diantara kegagalan (MTBF) sistem.

Secara umum analisa yang didapat cukup baik dan dari analisa ini kita dapat menyusun jadwal perawatan dan penyediaan spare parts sehingga sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan dan *cost saving* dapat dicapai, namun dalam analisa ini masih ada kekurangan - kekurangan yang harus diperbaiki. Upaya perbaikan ini cukup penting karena langkah kedepan analisa keandalan untuk aplikasi reduction gear cukup bermanfaat bagi peningkatan kinerja kapal.



TUGAS AKHIR

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR LAMPIRAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
 BAB I : PENDAHULUAN	
1. Umum	1
2. Latar Belakang Permasalahan	2
3. Tujuan Penulisan	3
4. Perumusan Dan Masalah	3
5. Metodologi	4
6. Sistematika Pembahasan	4
 BAB II : DASAR TEORI KEANDALAN SISTEM	
1. Konsep Dasar Keandalan	6
2. Distribusi Probabilitas pada Analisa Keandalan	7
2.1. Konsep keandalan berdasarkan distribusi probabilitas	7
2.2. Laju kerusakan	9
2.3. Distribusi eksponensial	11
3. Analisa Keandalan Sistem Dengan Menggunakan Distribusi Probabilitas	
3.1. Sistem hubungan seri	13
3.2. Sistem hubungan pararel	14
3.3. Sistem dengan perulangan sebagian	15
3.4. Rata -rata waktu untuk gagal	16

a. Sistem dengan hubungan seri	17
b. Sistem dengan hubungan paralel.....	17
c. Sistem standby	17
4. Metode Pendekatan untuk Analisa Keandalan suatu Sistem	17
4.1. Konsep dasar	18
4.2. Sistem dengan hubungan seri	19
4.3. Sistem dengan hubungan paralel	20
4.4. Sistem standby	20
4.5. Konsep Ketersediaan	21
5. Metode Cut Set	21

BAB III : SISTEM REDUCTION GEAR PALINDO 500

1. Umum	25
2. Sistem Hidrolik	25
3. Komponen komponen dari Sistem Reduction Gear	27

BAB IV : ANALISA KEANDALAN SISTEM REDUCTION GEAR PALINDO 500

1. Umum	31
2. Analisa Keandalan Sistem	31
3. Waktu Rata-rata untuk perbaikan (MTTR)	39
4. Waktu Rata- rata Kegagalan (MTTF)	44
5. Waktu Diantara Kegagalan (MTBF)	44

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan.....	46
2. Saran	48

DAFTAR PUSTAKA	49
----------------------	----



TUGAS AKHIR

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A : Data Utama Reduction Gear	50
B : Tabel Nilai Failure rate Dan MTTR Komponen	51
C.1. : Analisa Keandalan Subsistem Clutch Shaft Brake	52
C.2. : Analisa Keandalan Subsistem Clutch Manouver	53
C.3. : Analisa Keandalan Subsistem Lubricating	54
C.4. : Analisa Keandalan Sistem	55
D : Analisa MTTF Sistem	56

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbi Alamin, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT seru sekalian alam atas segala rahmat dan petunjuk-Nya kepada penulis dalam menyelesaikan pembuatan skripsi tugas akhir analisa ini.

Penulisan skripsi Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Disamping itu juga merupakan *benang merah* bagi penulis untuk lebih jauh mengembangkan diri dalam memperluas nuansa ilmu teknologi keandalan dan perawatan sistem.

Dengan penuh rasa hormat dan rasa terima kasih setulusnya penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Ir. Moch. Orianto, BSE, MSc, Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya dan Dosen wali penulis beserta staf, yang telah sekian lama mendidik dan mengajar penulis dalam menyelesaikan pendidikan sarjana strata-1.
2. Bapak Ir. Suryo Widodo Adji, MSc, selaku pembimbing, yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan serta atas dorongan moril kepada penulis dari awal presentasi hingga penulisan skripsi ini.
3. Bapak DR. Ir.A.A. Masroeri,Meng, yang telah memberikan pengarahan penulisan dalam presentasi pertama.
4. Bapak Ir. Marx Jefferson, MSc, yang telah banyak memberikan masukan bagi penulis dalam mata kuliah Keandalan dan Perawatan.
5. Bapak Ir. Andik, MSc, yang membantu penulis dalam mendapatkan data - data di PT. PAL Indonesia.

6. Ayah-Bunda beserta mas Koko, mas Budi, mas Pras, mbak Tin, mas Pris, mas Wit, dan mbak Anik, yang rasanya tak ada hentinya memberi dorongan moril, materiil maupun doanya, juga buat ponakan: irfan, ita, annisa, tomi, digdo, widya dan finda.
8. Supoter - suporter dan teman-teman di Sistem Perkapalan khususnya angkatan'92, *special Thanks to* paklik Harris dan Punto. Teman - teman seperjuangan dalam Tugas Akhir khususnya Djiwo.
9. Teman-teman di Keputih IA-2, cah cilik Gigih, dan paklik Habib.

Akhirnya saran dan kritik konstruktif sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat besar baik kepada mahasiswa maupun semua pihak yang berkecimpung dalam bidang keandalan dan perawatan.

Surabaya, 12 Juli 1996

Penulis



TUGAS AKHIR

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1. Umum

Fungsi utama dari reduction gear adalah menurunkan putaran poros dari motor induk sehingga didapatkan putaran propeler yang efisien. Dalam sistem reduction gear terdapat komponen-komponen gear box, kopling, dan clutch. Fungsi dari dari kopling dan clutch adalah sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan secara pasti (tanpa ada slip) dimana sumbu kedua poros tersebut terletak pada satu garis lurus, atau sedikit berbeda sumbunya (Soelarso, 1978). Letak perbedaan antara kopling dan clutch adalah dalam kopling poros input dan poros output selalu terhubung, sedangkan pada clutch dapat dilepas atau dihubungkan kembali. Fungsi clutch ini digunakan pada waktu mengubah arah putaran atau gigi gear yang mana clutch harus dalam keadaan terlepas guna menghindari kerusakan pada gigi gear.

Sistem reduction gear Palindo 500 menggunakan clutch fluida, dimana antara kedua poros tidak ada hubungan mekanis, clutch fluida ini sangat cocok untuk mentransmisikan putaran tinggi dan daya besar, keuntungan dari clutch ini adalah pertama getaran dari sisi penggerak dan tumbukkan dari sisi beban tidak saling diteruskan, kedua tidak mengalami momen berlebihan dan yang ketiga torsi yang ditransmisikan dapat dikontrol dengan mengontrol volume fluida. Sistem hidrolis clutch ini cukup kompleks dan sangat vital fungsinya dalam transmisi daya sehingga dituntut kehandalan yang tinggi karena berpengaruh langsung terhadap kinerja (performance) kapal. ✓

2. Latar Belakang Permasalahan

Dengan semakin pesatnya kemajuan perkapalan Indonesia, terlebih setelah berabad-abad ikut serta dalam era kemaritiman, maka sudah selayaknya bangsa kita mampu membuat kapal sendiri, walaupun itu masih dalam taraf perakitan (*assembling*). Dengan adanya Palindo 500 merupakan langkah maju bagi teknologi perkapalan kita, untuk mendukung teknologi tersebut diperlukan analisa-analisa yang bersifat penyempurnaan terutama analisa kehandalan dimana kapal dalam menjalankan fungsinya, sangat dituntut keandalan sistem-sistemnya. Dan guna memantapkan teknologi kita sebagai negara maritim maka sudah seharusnya analisa-analisa seperti ini diperbanyak dan ditingkatkan kualitasnya.

Didalam analisa untuk aplikasi sistem *reduction gear* ini, tujuan yang pokok adalah untuk mengetahui sejauh mana keandalan sistem tersebut dan setelah berapa jam operasi sistem akan mengalami penurunan atau bahkan mengalami kegagalan lebih lanjut. Setelah mengetahui nilai keandalan sistem kita dapat melakukan langkah-langkah justifikasi untuk antisipasi terhadap kegagalan sistem lebih lanjut, yang dapat berupa penyusunan jadwal perbaikan atau penyediaan suku cadang, sehingga diharapkan sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan selama waktu yang ditetapkan. Sistem *reduction gear* sendiri merupakan sistem yang kompleks dan didalam Palindo 500 sistem *reduction gear* terdiri dari gear box, kopling dan *clutch* dengan sistem hidroliknya.

Dalam penganalisaan sistem dimodelkan dengan *reliability blok diagram*, untuk penganalisaan hubungan komponen-komponenya digunakan metode *cut set* dengan memasukkan nilai laju kegagalan (*failure rate, λ*) dan *mean to repair (MTTR)* dari masing-masing komponen, karena masing-masing komponen mempunyai nilai distribusi kehandalan yang berbeda-beda, maka disini digunakan metode distribusi eksponensial untuk analisa perhitungan, sehingga nantinya didapatkan nilai keandalan terhadap waktu jam operasi dan *mean time to failure (MTTF)* dalam waktu tertentu dan kapan sistem perlu diperbaiki.

3. Tujuan Penulisan

Penulisan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai keandalan sistem reduction gear Palindo 500 dalam interval jam operasi tertentu sehingga kita dapat mengetahui sejauh mana keandalan sistem akan mengalami penurunan keandalan atau kinerja (performance). Dalam analisa keandalan diharapkan diketahui berapa jam operasi perbaikan rata - rata bila sistem memerlukan perbaikan (MTTR) dan kapan sistem akan mengalami kegagalan (MTTF).

4. Perumusan dan Batasan Masalah

Dalam sistem reduction gear Palindo 500 analisa yang dilakukan adalah analisa keandalan dari sistem termasuk sistem hidrolik dari clutch. Langkah awal dari analisa adalah mendefinisikan sistem, apa fungsi dari sistem tersebut, komponen-komponen apa saja yang ada didalamnya dan bagaimana mekanismenya. Untuk memudahkan analisa perlu dibuatkan blok diagram sistem yang diterjemahkan dari sistem yang ada dikapal. Pengevaluasian hubungan komponen-komponennya menggunakan diagram cut set, kemudian dilakukan analisa kelayakan keandalan, hasil dari analisa ini digunakan untuk mengambil langkah-langkah justifikasi.

Oleh karena fokus analisa disini adalah sistem reduction gear Palindo 500, maka yang menjadi pokok kajian terbatas pada mekanisme dari sistem yang telah ada. Adapun sebagai studi kasusnya adalah analisa keandalan sistem, agar dapat diketahui sejauh mana tingkat keandalannya setelah dioperasikan dalam waktu tertentu. Dalam analisa perhitungan menggunakan nilai laju kegagalan konstan dan model distribusi eksponensial, dengan tidak memasukkan pengaruh kesalahan pengoperasian (*human error*) dan pengaruh alam yang tidak diinginkan juga perlu ditegaskan disini analisa tidak membahas segi ekonomi, perawatan, besarnya tekanan dan jenis fluida yang digunakan, serta nilai failure rate diambil berdasarkan sumber yang ada dalam hal ini dari *CUT DATA*, Swedia.

5. Metodologi

Pada metode analisa ini penulis melakukan tahapan-tahapan secara berurutan dimulai dengan survey ke lapangan untuk mendapatkan data-data dari sistem yang dianalisa berupa petunjuk operasi manual, reduction gear, lay out reduction gear dikapal dan spesifikasi data dari motor induk. Untuk mendukung dan menajamkan analisa dilakukan studi referensi terhadap masalah-masalah terkait yaitu mekanisme dari reduction gear dan teori-teori mengenai keandalan dan statistik probabilitas. Analisa keandalan sistem dilakukan dengan membuat diagram blok sistem dan diagram cut set dengan memasukkan nilai-nilai (*failure rate, λ*) dan waktu rata-rata perbaikan (*MTTR, t*) ke persamaan probabilitas dan model eksponensial distribusi dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang ada.

6. Sistematika Pembahasan

Untuk mendasari pemahaman analisa dengan baik, tidak terlepas dari teori-teori dasar mengenai sistem reduction gear dan dasar-dasar keandalan sistem, oleh karena itu setelah bab pendahuluan ini berikut bab II dalam dasar teori diuraikan dasar teori kehandalan dan sekilas mengenai statistik probabilitas dimana dalam analisa ini kedua teori tersebut erat kaitanya.

Bab III menelaah lebih jauh mengenai sistem reduction gear Palindo 500 sebagai obyek analisa, pada bab III ini akan dibahas mengenai definisi sistem, komponen-komponen dalam sistem, fungsi sistem dan mekanismenya.

Sebagai pengejawantahan dari tiga bab diatas adalah bab IV, pada analisa keandalan ini akan diketahui bagaimana analisa dilakukan yang didasari teori-teori pada bab II dan pemahaman mengenai sistem yang dianalisa pada bab III, dengan memasukkan data-data *failure rate* (λ) dan waktu rata-rata kegagalan (*MTTR, t*). Pada bab ini juga dipresentasikan program komputer untuk memudahkan analisa. Adapun bila ingin mengetahui data *failure rate* dan waktu rata-rata kegagalan (*MTTR, t*) dan lay out reduction gear dapat dilihat pada bagian lampiran-lampiran.

Kesimpulan dari analisa keandalan sistem reduction gear Palindo 500 ini disajikan dalam bab V, yang berisi kesimpulan dari analisa keandalan sistem sehingga kita dapat memberikan masukan untuk kemungkinan penyempurnaan sistem reduction gear tersebut.



TUGAS AKHIR

BAB II

DASAR TEORI KEANDALAN SISTEM

BAB II

DASAR TEORI KEANDALAN SISTEM

1. Konsep Dasar Keandalan

Keandalan adalah suatu studi dari bagaimana, mengapa dan kapan kegagalan terjadi dimana probabilitas suatu sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan untuk kondisi tertentu selama waktu yang telah ditetapkan. Studi keandalan memerlukan sebuah kombinasi dari *mechanical* sebagai obyek analisa, *computer programing* sebagai alat untuk memudahkan analisa, statistik untuk analisa kegagalan. Dalam analisa keandalan sistem sumber kegagalan adalah komponen-komponennya, kegagalan komponen berpengaruh langsung terhadap kegagalan sistem atau penurunan kinerja (performance).

Setiap komponen mempunyai *hazard rate* atau *failure rate* yaitu laju kerusakan yang merupakan fungsi dari waktu, yang diambil dari uji coba atau pengalaman pemakaian, dengan *failure rate* ini kita dapat memperkirakan kapan komponen akan rusak atau mengalami penurunan kinerja.

Penggunaan suatu distribusi probabilitas dalam analisa keandalan dihubungkan suatu realita bahwa semua komponen akan gagal dalam waktu yang berbeda, perbedaan ini disebabkan oleh konstruksi komponen, kondisi pengoperasian, pabrikasi dan lain-lain. Penentuan jenis distribusi ini harus dilakukan dengan pengujian sampel atau pengumpulan data yang berhubungan dengan pengoperasian komponen atau sistem.

Dalam penganalisaan keandalan sistem dimodelkan dengan *reliability blok diagram* dan sistem dianalisa dengan menggunakan beberapa metode seperti cut set, fault tree, even tree diagram

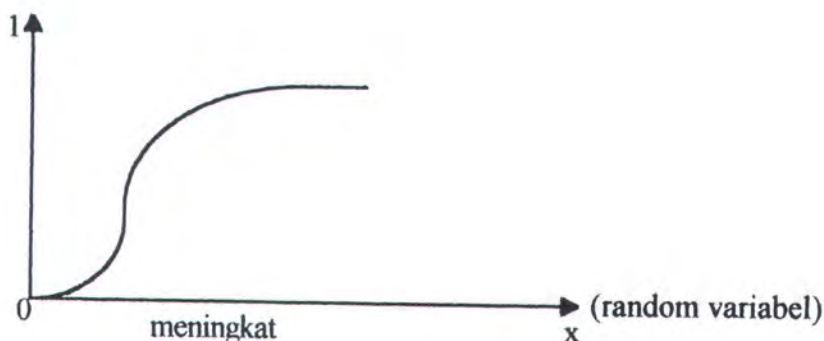
untuk hubungan komponen-komponennya yang berupa hubungan seri, paralel, atau standby. Dengan diketahuinya keandalan suatu sistem dapat dibuat keputusan dalam pemeliharaan secara prosedural untuk memperbaiki kinerja dan keandalan sistem yang juga meliputi pertimbangan adanya hubungan antara fasilitas yang diperlukan untuk pemeliharaan seperti persyaratan manusia atau peralatan. Dengan adanya penjadwalan yang teratur dapat diprediksi biaya pemeliharaan, sehingga *cost saving* dapat dicapai.

2. Distribusi Probabilitas pada Analisa Keandalan

Berbagai jenis distribusi probabilitas dapat digunakan dalam evaluasi keandalan seperti distribusi binomial dan poisson yang merupakan distribusi tidak menerus (discrete) dan distribusi normal, eksponensial, weibull, gamma, dan rayleigh yang merupakan distribusi menerus (continuous). Selanjutnya disini akan dijelaskan distribusi eksponensial juga istilah *cumulative distribution function (CDF)*.

2.1 Konsep keandalan berdasarkan distribusi probabilitas

Pada alinea terdahulu telah disebutkan tentang *cumulative distribution function* yang menurut **Patrick D" Connor [1989]** meningkat nilainya dari 0 sampai mendekati 1 yang sesuai dengan nilai yang meningkat dari terendah menuju nilai tertinggi, untuk jelasnya ditunjukkan pada gambar dibawah:



Grafik 2.2.1. - Distribusi probabilitas kumulatif

Dalam konsep keandalan *cumulatif distribution function* dikenal dengan *cumulatif failure distribution function* atau *cumulatif failure distribution* atau $Q(t)$. Distribusi ini menunjukkan semakin lama komponen beroperasi, probabilitas kegagalan atau rusak akan semakin besar hingga batas nilai 1. Sedangkan untuk mendapatkan probabilitas suatu komponen akan tetap beroperasi untuk suatu periode waktu atau keandalan $R(t)$, melalui hubungan:

$$R(t) = 1 - Q(t) \quad (2.1.1)$$

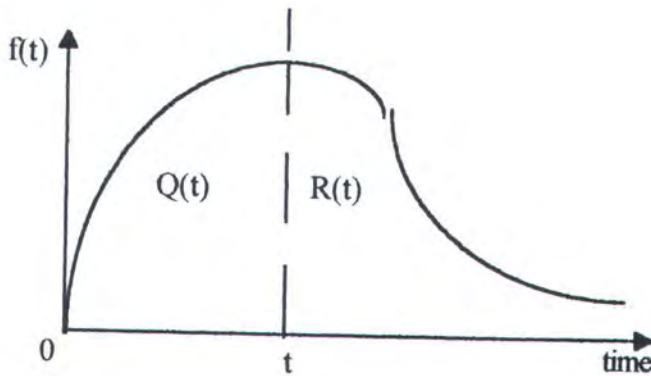
Turunan pertama dari *cumulatif failure distribution* atau CDF disebut *failure densit function* yang sama dengan *probabilitas density function (pdf)* atau dapat ditulis

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \quad (2.1.2)$$

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (2.1.3)$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (2.1.4)$$

Hubungan $Q(t)$, $R(t)$ dan $f(t)$ ini akan lebih jelas jika dilihat pada gambar berikut ini



Grafik 2.2.2 - Fungsi padat peluang

Grafik diatas menunjukkan waktu dimana suatu komponen atau sistem akan berada pada keadaan andal (*reliability*) jika terletak antara $t \rightarrow \infty$ tentu harus pula tergantung pada nilai keandalannya atau jika untuk menganalisa ketidakandalan komponen tersebut, interval waktu $0 \rightarrow t$ harus digunakan. Dari gambar tersebut, $R(t)$ dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (2.1.5)$$

dimana : $R(t)$ = **Reliability** atau keandalan

t, ∞ = interval waktu

$f(t)$ = fungsi padat peluang (pdf)

2.2. Laju Kerusakan (*hazard rate*, λ)

Selanjutnya akan dikenalkan istilah **hazard rate** yaitu laju kerusakan sesaat. Istilah ini pada beberapa sumber pustaka diasumsikan sama dengan **failure rate**. Ramakumar [1993] menjelaskan bahwa pernyataan ini akan benar jika digunakan distribusi eksponensial, karena

hazard rate adalah konstan. Untuk distribusi lain, **hazard rate** dapat konstan, menurun atau meningkat.

$$\lambda(t) = \frac{N_f(t)}{N_s(t)} \quad (2.2.1)$$

dimana : $N_f(t)$ = jumlah kerusakan per unit waktu

$N_s(t)$ = jumlah yang diuji untuk gagal

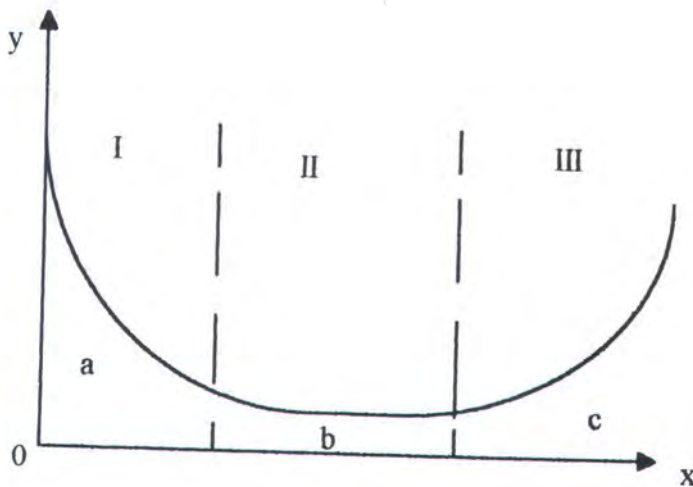
$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} = \frac{N_0}{N_0} \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} \\ &= \frac{N_0}{N_s(t)} \cdot \frac{1}{N_0} \cdot \frac{dN_f(t)}{dt} = \frac{1}{R(t)} f(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \end{aligned} \quad (2.2.2)$$

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt}$$

$$\lambda(t) = - \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt} \quad \text{atau}$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{\int_t^\infty f(t) dt} \quad (2.2.3)$$

Untuk lebih jelasnya akan diberikan kurva karakteristik **hazard rate** untuk komponen mesin, seperti dibawah ini:



Grafik 2.2.3 - Karakteristik laju kegagalan

dimana, y = hazard rate

a = kegagalan awal

c = umur kelelahan

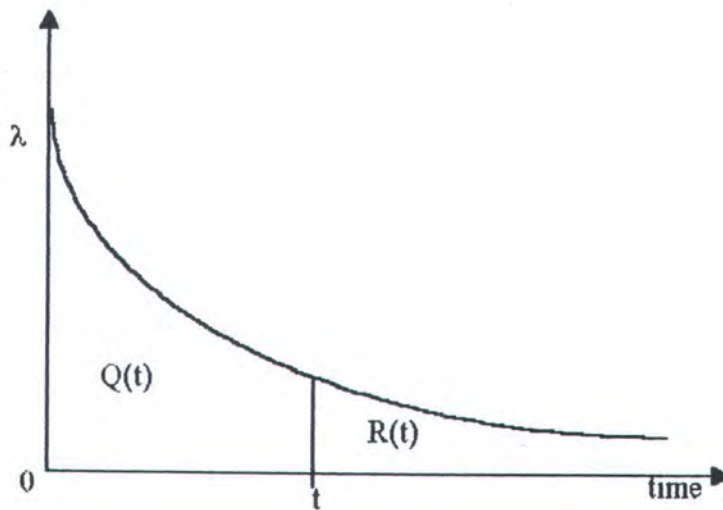
x = operating life

b = umur pakai

Kurva diatas lebih dikenal sebagai **bath-tub curve** (bak mandi). Daerah I menggambarkan bahwa kegagalan atau kerusakan terjadi karena kesalahan pembuatan atau design dan pada daerah ini **hazard rate** terlihat menurun sesuai dengan fungsi waktu. Daerah II merupakan umur pakai komponen dimana kegagalan atau kerusakan terjadi karena kemungkinan, untuk daerah ini distribusi eksponensial berlaku. Daerah III merupakan tahap kelelahan (**fatigue**) suatu komponen yang ditunjukkan dengan peningkatan secara cepat **hazard rate** sesuai dengan fungsi waktu.

2.3. Distribusi Eksponensial

Distribusi ini banyak dipakai dalam analisa keandalan karena **hazard rate** konstan, sehingga **hazard rate** akan disebut **failure rate**. Penggunaan distribusi ini biasanya untuk penyerdehanaan masalah keandalan



Grafik 2.2.4 - Distribusi eksponensial

Keandalan untuk distribusi eksponensial:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.2.4)$$

Fungsi padat peluang (pdf)

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.2.5)$$

Probabilitas untuk kegagalan suatu komponen :

$$Q(t) = \int \lambda e^{-\lambda t} dt \quad (2.2.6)$$

$$R(t) = \int \lambda e^{-\lambda t} dt = e^{-\lambda t} \quad (2.2.7)$$

Distribusi eksponensial adalah distribusi dimana probabilitas kerusakan tidak dipengaruhi oleh keadaan waktu operasi sebelumnya, tetapi hanya tergantung pada interval waktu yang dievaluasi.

3. Analisa Keandalan Sistem Dengan Menggunakan Distribusi Probabilitas

Pada pembahasan sebelumnya telah dipelajari bagaimana menganalisa suatu sistem dari segi keandalanya. Sistem dimodelkan dengan penggunaan *reliability blok diagram*, dan sistem keandalan tersebut dianalisa dengan metode seperti cut set, eventree dan fault tree. Karena masing-masing komponen mempunyai distribusi keandalan yang berbeda-beda maka distribusi keandalan ini didekati dengan distribusi probabilitas eksponensial. Berikut menurut Ramakumar [1993] akan dijelaskan penganalisaan hubungan-hubungan komponen dalam suatu sistem. Untuk penyederhanaan, distribusi eksponensial diasumsikan berlaku -pada penjelasan berikut.

3.1 Sistem hubungan seri



Gambar 2.3.1 - Struktur hubungan seri

Berdasarkan persamaan sebelumnya

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \quad (2.3.1)$$

Jika proses waktu berpengaruh, maka probabilitas bahwa sistem dapat sukses untuk periode waktu t adalah :

$$R_s(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \quad (2.3.2)$$

untuk distribusi eksponensial :

$$R_S(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda_1(t) dt \right] \cdot \exp \left[- \int_0^t \lambda_2(t) dt \right] \quad (2.3.3)$$

Untuk n komponen dengan hubungan seri dan *hazard rate* $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_n(t)$

$$R_S(t) = \prod_{i=1}^{\infty} \exp \left[- \int_0^t \lambda_i(t) dt \right] \quad (2.3.4)$$

Karena hazard rate untuk distribusi eksponensial adalah konstan (*failure rate*) maka :

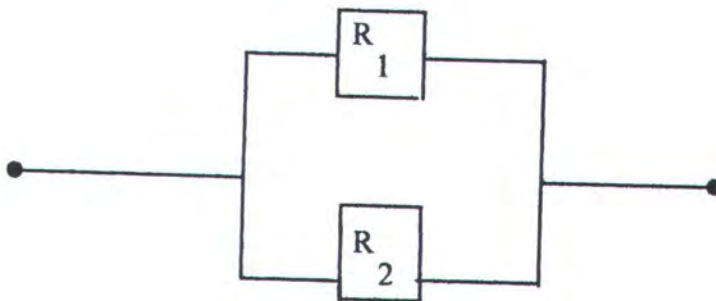
$$\lambda(t) = \lambda$$

$$R_S(t) = \prod_{i=1}^{\infty} \exp(-\lambda_i t) = \exp(-\lambda t) \quad (2.3.5)$$

Sehingga untuk sistem seri laju kerusakan (failure rate) total adalah :

$$\lambda = \sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i \quad (2.3.6)$$

3.2. Sistem hubungan paralel



Gambar 2.3.2 - Struktur hubungan paralel

Untuk hubungan paralel digunakan hubungan ketidakadalan $Q_p(t)$. sehingga :

$$Q_p(t) = Q_1(t) \cdot Q_2(t) \quad (2.3.7)$$

$$R_p(t) = 1 - Q_p(t) \quad (2.3.8)$$

Untuk n komponen dengan hubungan paralel

$$Q_p(t) = \prod_{i=1}^n Q_i(t) \quad (2.3.9)$$

$$R_p(t) = 1 - Q_p(t) \quad (2.3.10)$$

atau untuk distribusi eksponensial :

$$R_p(t) = \prod_{i=1}^n [1 - \exp(-\lambda_i t)] \quad (2.3.11)$$

$$R_p(t) = 1 - Q_p(t) \quad (2.3.12)$$

Catatan :

Tidak ada failure rate total yang dapat diturunkan dari hubungan paralel

3.3. Sistem dengan perulangan sebagian

Probabilitas sukses dari sistem ini terjadi jika sebagian dari komponen diinginkan untuk sukses. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan ekspresi binomial yaitu $(R+Q)^n$ Untuk keandalan yang dipengaruhi proses waktu $t : \infty (R_t + Q_t)^n$. Sehingga untuk distribusi eksponensial akan menjadi :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.3.13)$$

$$Q(t) = 1 - R(t)$$

$$[R(t) + Q(t)]^n = [e^{-\lambda t} + (1 - e^{-\lambda t})]^n \quad (2.3.14)$$

Jika masing-masing komponen mempunyai nilai failure rate berbeda maka ekspresi binomial menjadi :

$$[R_n(t) + Q_n(t)] \quad (2.3.15)$$

dimana :

$$R_n(t) = \exp(-\lambda_n \cdot t) \text{ untuk } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$Q_n(t) = \exp(-\lambda_n \cdot t) \text{ untuk } n = 1, 2, 3, \dots$$

3.4. Rata-rata waktu untuk gagal (MTTF)

Secara umum nilai ekspektasi untuk batasan $(0, \infty)$ diberikan sebagai berikut:

$$E(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \Rightarrow \text{MTTF atau } m$$

$$\text{karena } f(t) = -\frac{dR(t)}{dt}, \text{ maka}$$

$$m = -\int_0^{\infty} dR(t) \quad (2.3.16)$$

dengan menggunakan integral parsial maka :

$$m = [-tR(t)]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

$$m = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.3.17)$$

$\Rightarrow R(t) = 1$ pada $t = 0$, sehingga $t. R(t) \rightarrow 0$ pada $t \rightarrow \infty$

a) Sistem dengan hubungan seri

$$\begin{aligned} m &= \int_0^{\infty} R_s(t) dt \\ &= \int_0^{\infty} \exp \left(- \sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i \cdot t \right) dt = \left(\sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i \right)^{-1} \end{aligned} \quad (2.3.18)$$

b) Sistem dengan hubungan paralel

jika untuk n komponen, maka

$$m = (-1)^{n+1} \left(\sum \lambda_i \right)^{-1} \quad (2.3.19)$$

atau jika mempunyai nilai sama

$$m = \lambda^{-1} + 2\lambda^{-1} + \dots + n\lambda^{-1} \quad (2.3.20)$$

c) Sistem standby

jika untuk satu komponen standby, nilai MTTF didapat dengan cara :

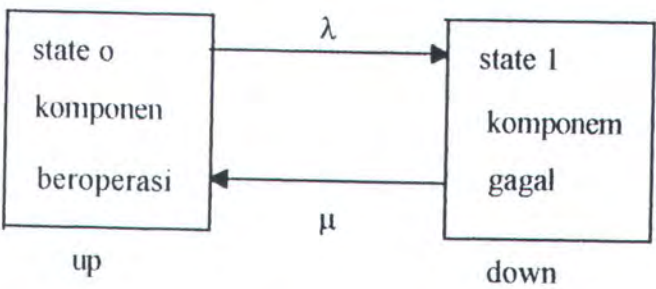
$$m = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} (1 + \lambda t) dt = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda} = \frac{2}{\lambda} \quad (2.3.21)$$

4. Metode Pendekatan untuk Analisa Keandalan suatu Sistem

Metode ini didasarkan pada pendekatan *markov*, dimana sifat suatu sistem dikarakteristikan bahwa suatu kejadian diwaktu yang akan datang tidak tergantung pada kejadian masa lalu (*look of memory*). Distribusi keandalan yang sesuai dengan keadaan ini adalah distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial memiliki konstan *hazard rate* (λ).

4.1. Konsep dasar

Ramakumar [1993] menjelaskan bahwa komponen diasumsikan dapat gagal beroperasi dan dapat diperbaiki untuk dapat beroperasi lagi (*repairabel*)



Gambar 2.4.1 - Hubungan komponen yang gagal dan dapat diperbaiki

$\lambda =$ failure rate

keadaan komponen dari keadaan beroperasi ke keadaan gagal (state 0 ke state 1)

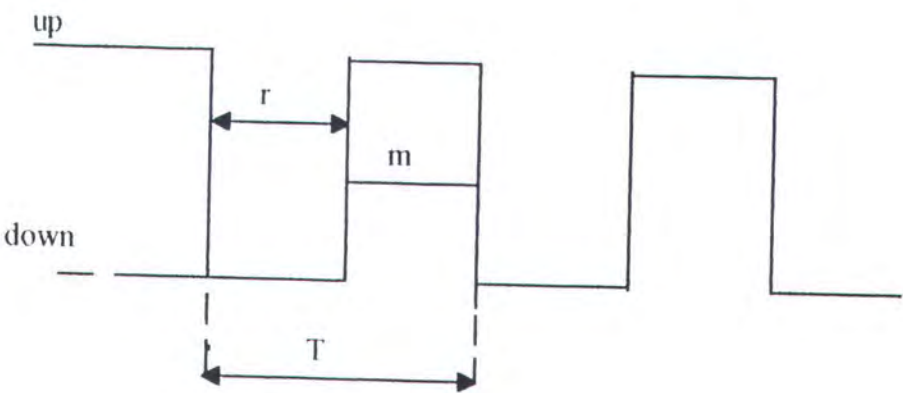
$\mu =$ repair rate

keadaan komponen dari state 1 ke state 0 setelah perbaikan

state 0 : kondisi komponen dapat beroperasi (kondisi *up*)

state 1 : kondisi komponen akan gagal (kondisi *down*)

Siklus komponen dalam keadaan *up* dan *down* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4.2 - Siklus komponen up dan keadaan down

Dari gambar diatas T mewakili siklus waktu dari sistem. T merupakan penjumlahan waktu rata-rata untuk gagal (*Mean Time To Failure, MTTF*) dan waktu rata-rata untuk perbaikan (*Mean Time To Repair, MTTR*). Siklus waktu tersebut disebut waktu rata-rata antara kegagalan (*Mean Time Between Failure, MTBF*). Jika r atau MTTR sangat kecil, MTTF biasanya digunakan untuk menggambarkan siklus waktu.

$$m = \text{MTTF} = 1/\lambda$$

$$r = \text{MTTR} = 1/\mu$$

$$T = \text{MTBF} = m + r \quad (2.4.1)$$

4.2. Sistem hubungan seri

Asumsi : Distribusi eksponensial berlaku untuk keandalan komponen

Total failure rate :

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i \quad (2.4.2)$$

waktu perbaikan rata-rata (MTTR) :

$$r_s = \sum_{i=1}^{\infty} r_i \lambda_i (\lambda_s)^{-1} \quad (2.4.3)$$

Sedangkan ketidaktersediaan (unavailability,U):

$$U_s = \lambda_s \cdot r_s \quad (2.4.4)$$

dimana: $m = \text{MTTF} = 1/\lambda$

$r = \text{MTTR} = 1/\mu$

$T = \text{MTBF} = m + r$

4.3. Sistem hubungan paralel

Sistem dengan hubungan paralel dengan dua komponen

Total failure rate (λ_p) :

$$\lambda_p = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 \cdot r_1 + \lambda_2 \cdot r_2} \quad (2.4.5)$$

waktu perbaikan rata-rata (r_p)

$$r_p = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} \quad (2.4.6)$$

Ketidakersediaan (unavailability, U_p)

$$U_p = \lambda_p \cdot p \quad (2.4.7)$$

Total repair rate (μ_p)

$$\mu_p = \mu_1 + \mu_2 \quad (2.4.8)$$

4.4. Sistem Standby

Untuk sistem standby dengan satu komponen standby (R_{st})

$$R(t) = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t) \quad (2.4.9)$$

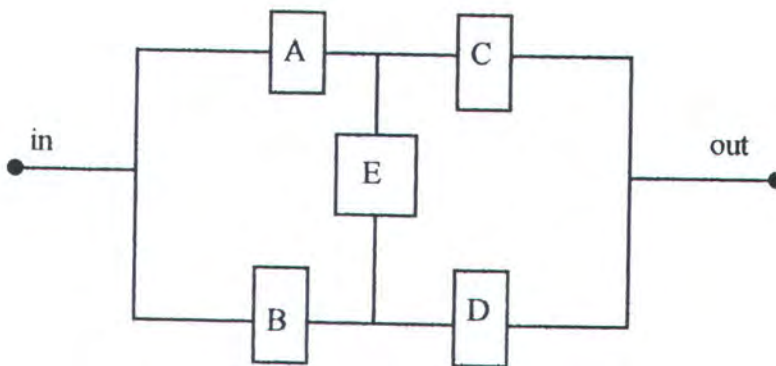
5. Konsep ketersediaan (availability, A)

Probabilitas bahwa sebuah sistem atau komponen akan dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan pada setiap waktu :

$$Availability + Unavailability = A + U = 1$$

5. Metode CUT SET

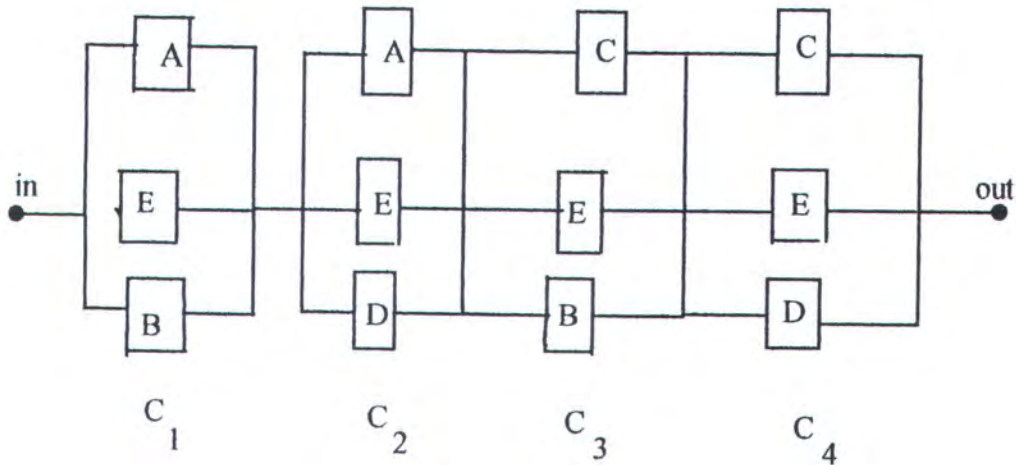
Metode cut set adalah metode yang sangat berguna dalam analisa keandalan dari suatu sistem yang kompleks karena pertama dapat dengan mudah diprogram kedalam digital komputer dengan penyelesaian yang cepat dan efisien dan yang kedua metode cut set secara langsung dihubungkan ke bentuk-bentuk kegagalan sehingga dapat dengan jelas mengidentifikasi bentuk-bentuk kegagalan. Cut set dapat didefinisikan sebagai berikut suatu set komponen sistem yang mana ketika gagal akan menyebabkan sistem gagal. Suatu set komponen dikenal dengan minimal cut set, definisi minimal set dapat dijelaskan melalui contoh diagram blok berikut :



Gambar 2.5.1. Diagram blok komponen

Ada empat jalan aliran dari **in** ke **out**, yaitu AED, BEC, AC, BD. Untuk sistem dapat berjalan atau bekerja maka salah satu atau minimal satu sub set harus baik. Untuk memudahkan

pemahaman mengenai metode cut set ini dapat dilihat contoh sebagai berikut dengan menggunakan blok diagram seperti diatas.



Gambar 2.5.2. - Diagram cut set komponen

dimana :minimal cut set C_1 , terdiri dari komponen AEB
 minimal cut set C_2 , terdiri dari komponen AED
 minimal cut set C_3 , terdiri dari komponen CED
 minimal cut set C_4 , terdiri dari komponen CED
 dari rumus distribusi eksponensial didapat

$$R = e^{-\lambda t} \quad (2.5.1)$$

dimana $R(t)$ = keandalan tiap komponen

λ = laju kerusakan

t = MTTR

dengan memasukkan tiap keadaan komponen $R(t)$ kepersamaan keandalan sistem $R(s)$, sehingga didapat :

$$R_s = P(C1 \cup C2 \cup C3 \cup C4)$$

$$R_s = [P(C1) + P(C2) + P(C3) + P(C4)] - [P(C1) \cap P(C2) + P(C1) \cap P(C3) + P(C1) \cap P(C4) + P(C2) \cap P(C3) + P(C2) \cap P(C4) + P(C3) \cap P(C4)] - [P(C1) \cap P(C2) \cap P(C3) + P(C1) \cap P(C3) \cap P(C4) + P(C2) \cap P(C4) \cap P(C3) + P(C1) \cap P(C4)] - [P(C2) \cap P(C1) \cap P(C3) \cap P(C4)]$$

dimana :

$$P(C1) = R_A R_E R_B$$

$$P(C2) = R_A R_E R_D$$

$$P(C3) = R_E R_C R_B$$

$$P(C4) = R_E R_D R_C$$

$$P(C1) \cap P(C2) = R_A R_E R_D R_B$$

$$P(C1) \cap P(C3) = R_A R_E R_C R_B$$

$$P(C1) \cap P(C4) = R_A R_E R_C R_B$$

$$P(C2) \cap P(C3) = R_A R_E R_D R_C$$

$$P(C2) \cap P(C4) = R_A R_E R_D R_C$$

$$P(C3) \cap P(C4) = R_A R_E R_D R_C R_B$$

$$P(C1) \cap P(C2) \cap P(C3) = R_A R_E R_D R_C R_B$$

$$P(C1) \cap P(C3) \cap P(C4) = R_A R_E R_D R_C R_B$$

$$P(C2) \cap P(C1) \cap P(C4) = R_A R_E R_D R_C R_B$$

$$P(C2) \cap P(C3) \cap P(C4) = R_A R_E R_D R_C R_B$$

$$P(C3) \cap P(C1) \cap P(C4) \cap P(C2) = R_A R_E R_D R_C R_B$$

sehingga :

$$R_s = [R_A R_E R_D R_B + R_A R_E R_C R_B + R_A R_E R_C R_B + R_A R_E R_D R_C + R_A R_E R_D R_C + R_A R_E R_D R_C R_B + R_A R_E R_D R_C R_B + R_A R_E R_D R_C R_B + R_A R_E R_D R_C R_B + R_A R_E R_D R_C R_B + R_A R_E R_D R_C R_B]$$

Dengan memasukkan komponen - komponen didapatkan persamaan :

$$R_s = [(e^{-\lambda_A(t)})(e^{-\lambda_E(t)})(e^{-\lambda_D(t)})] + [(e^{-\lambda_A(t)})(e^{-\lambda_E(t)})(e^{-\lambda_D(t)})] + [(e^{-\lambda_B(t)})(e^{-\lambda_C(t)})(e^{-\lambda_E(t)})] + [(e^{-\lambda_C(t)})(e^{-\lambda_D(t)})(e^{-\lambda_E(t)})] - [(e^{-\lambda_A(t)})(e^{-\lambda_B(t)})(e^{-\lambda_D(t)})(e^{-\lambda_E(t)})] - [(e^{-\lambda_A(t)})(e^{-\lambda_B(t)})(e^{-\lambda_C(t)})(e^{-\lambda_E(t)})] - [(e^{-\lambda_A(t)})(e^{-\lambda_C(t)})(e^{-\lambda_D(t)})(e^{-\lambda_E(t)})] - [(e^{-\lambda_B(t)})(e^{-\lambda_C(t)})(e^{-\lambda_D(t)})(e^{-\lambda_E(t)})]$$

$$\begin{aligned}
& (e^{-\lambda E(t)})] - [(e^{-\lambda A(t)})(e^{-\lambda B(t)})(e^{-\lambda C(t)})(e^{-\lambda D(t)})(e^{-\lambda E(t)})] + [(e^{-\lambda A(t)})(e^{-\lambda B(t)})(e^{-\lambda C(t)})(e^{-\lambda D(t)})(e^{-\lambda E(t)})] \\
& + [(e^{-\lambda A(t)})(e^{-\lambda B(t)})(e^{-\lambda C(t)})(e^{-\lambda D(t)})(e^{-\lambda E(t)})] + [(e^{-\lambda A(t)})(e^{-\lambda B(t)})(e^{-\lambda C(t)})(e^{-\lambda D(t)})(e^{-\lambda E(t)})] \\
& + [(e^{-\lambda A(t)})(e^{-\lambda B(t)})(e^{-\lambda C(t)})(e^{-\lambda D(t)})(e^{-\lambda E(t)})] + [(e^{-\lambda A(t)})(e^{-\lambda B(t)})(e^{-\lambda C(t)})(e^{-\lambda D(t)})(e^{-\lambda E(t)})]
\end{aligned}$$

Dengan memasukkan nilai - nilai *failure rate* (λ) dari masing - masing komponen dan interval jam operasi dari sistem akan didapat nilai keandalan sistem (R_{system}) pada masing - masing jam operasi tersebut.



TUGAS AKHIR

BAB III

SISTEM REDUCTION GEAR PALINDO 500

BAB III

SISTEM REDUCTION GEAR

PALINDO 500

1.Umum

Sistem reduction gear Palindo 500 didesain oleh Reintjes Eisenwerke, GmbH, dengan satu tingkat reduksi dan gear pembalik. Sistem reduksi gear ini terdiri dari sistem hidrolik dan sistem mekanis, sistem hidrolik ini menggunakan tekanan fluida (minyak) untuk memberikan gaya dorong sistem clutch, fluida minyak juga berfungsi untuk pelumasan. Sedangkan sistem mekanis terdiri dari poros input, flexible kopling, marine gear, clutch, dan output shaft dengan rasio reduksi 2,750 : 1 spesifikasi data selengkapnya data dilihat pada lampiran A.

2.Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik ini terdiri dari sebuah pompa gear, sebuah filter minyak, heat exchanger, katup pembatas tekanan (relief valve) katup kontrol, sistem minyak bertekanan dengan delay pot pemasukan clutch dan sistem minyak pelumas .

Minyak di-suplay oleh pompa yang sebelumnya sudah melalui filter dan diarahkan untuk melalui penukar panas (heat exchanger), disini temperatur minyak dijamin tidak melebihi temperatur operasi (60 - 70° C) dimana pendingin minyak berupa air yang lewat melalui **tube bundle** dan minyak mengalir diantara **tube bundle** dan selongsong (**outer housing**). Tekanan minyak diatur sesuai tekanan operasi (16 - 20 bar) oleh katup pembatas tekanan, pressure gauge terletak pada gear box, ketika mesin beroperasi pada kecepatan penuh dan clutch terhubung dan gear box pada kondisi temperatur operasi.

Pada waktu katup kontrol pada posisi berhenti (stop), kelebihan minyak pada katup pembatas tekanan digunakan untuk pendinginan disk clutch dan pelumasan semua bantalan dan gigi gear yang saling bertautan.

Jika katup kontrol diarahkan pada posisi ahead atau astern, tekanan minyak mengalir dari katup kontrol ke clutch yang sesuai dan ke katup tekanan, kelebihan minyak dapat digunakan sebagai pelumasan.

Jika tekanan minyak melebihi tekanan yang telah di-set oleh pabrik dalam katup tekanan, katup ini akan membuka dan minyak mengalir kedalam **delay pot**, ketika pengisian **delay pot** tekanan dalam sistem clutch bertekanan akan naik sesuai dengan tekanan operasi dan clutch terhubung.

Ketika mengubah katup kontrol ke posisi yang berlawanan, Tekanan minyak yang menekan clutch terlepas dan aliran minyak masuk ke penampungan (sump). Untuk langkah berikutnya sama seperti yang disebutkan sebelumnya. Sistem pemasukan clutch seperti ini memberikan penyambungan clutch secara halus dengan meredam gaya inersia propeler.

Mekanisme clutch dan kontrol pengereman ketika atau bergerak mundur(reversing manoeuver) dilengkapi dengan kontrol pneumatik. Sebuah disk pengereman (disk brake) dipasang pada salah satu pinion untuk mencegah propeler dan poros berputar ketika clutch dioperasikan ahead atau astern. Kontrol pengereman termasuk pipa kontrol pneumatik yang dipasang pada gear box. Sistem kontrol clutch gear box terdiri dari :

- Katup pembatas tekanan (pressure limiting valve, V247).
- Katup penaik tekanan (pressuring valve, V232).
- Katup kontrol elektrik.(elektrik kontrol valve, V1).

Sedangkan sistem kontrol disk pengereman terdiri dari :

- Katup penurun tekanan (pressure reducing valve, V199).
- Katup kontrol secara pneumatis (V189).

- Operasi delay pot (H626).
- Katup kontrol (3/2 way valve, V188).
- Katup kontrol (solenoid valve, V196).

Tekanan pneumatis hanya sebagai power supply katup kontrol pneumatis, V189 yang berfungsi sebagai switch ON atau OFF ketika mau mengubah clutch yang mana dalam posisi netral (stop) udara bertekanan dari air supply menekan katup kontrol pneumatis, V189 ke posisi ON, sehingga aliran minyak dari katup kontrol, V1 yang lewat katup reduksi tekanan, V199 dapat melalui dan menekan disk pengereman poros (shaft brake) sehingga terhubung. Ketika clutch pada posisi ahead atau astern aliran minyak dari shuttle valve menggerakkan katup kontrol, V188 ke posisi OFF untuk menghentikan tekanan udara dari udara supply ke katup kontrol V189 sehingga katup kontrol pneumatis, V189 dalam keadaan OFF karena tidak ada udara yang menekan dan tekanan minyak dari katup reduksi tekanan, V199 tidak bisa mengalir ke shaft brake, sehingga shaft brake dalam keadaan terlepas.

Katup kontrol kontrol, V189 dipasang pada katup reduksi tekanan, V199. Clutch gear box dioperasikan pada tekanan 16 - 20 bar ini dapat dibaca pada pressure gauge yang dipasang pada gear box, tekanan operasi di set pada katup pembatas tekanan, V247. Sedangkan clutch shaft brake dioperasikan pada 8 -12 bar, Tekanan di pada pressure reducing valve, V199. Saklar pada katup V188 dapat disesuaikan dan pabrik meng-set pada 1,5 bar ini menjamin bahwa pengereman hanya dilepaskan ketika tekanan efektif pada clutch ahead atau astern dicapai pada 1,5 bar.



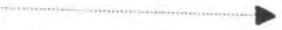
3. Komponen - komponen dari Sistem Reduction gear

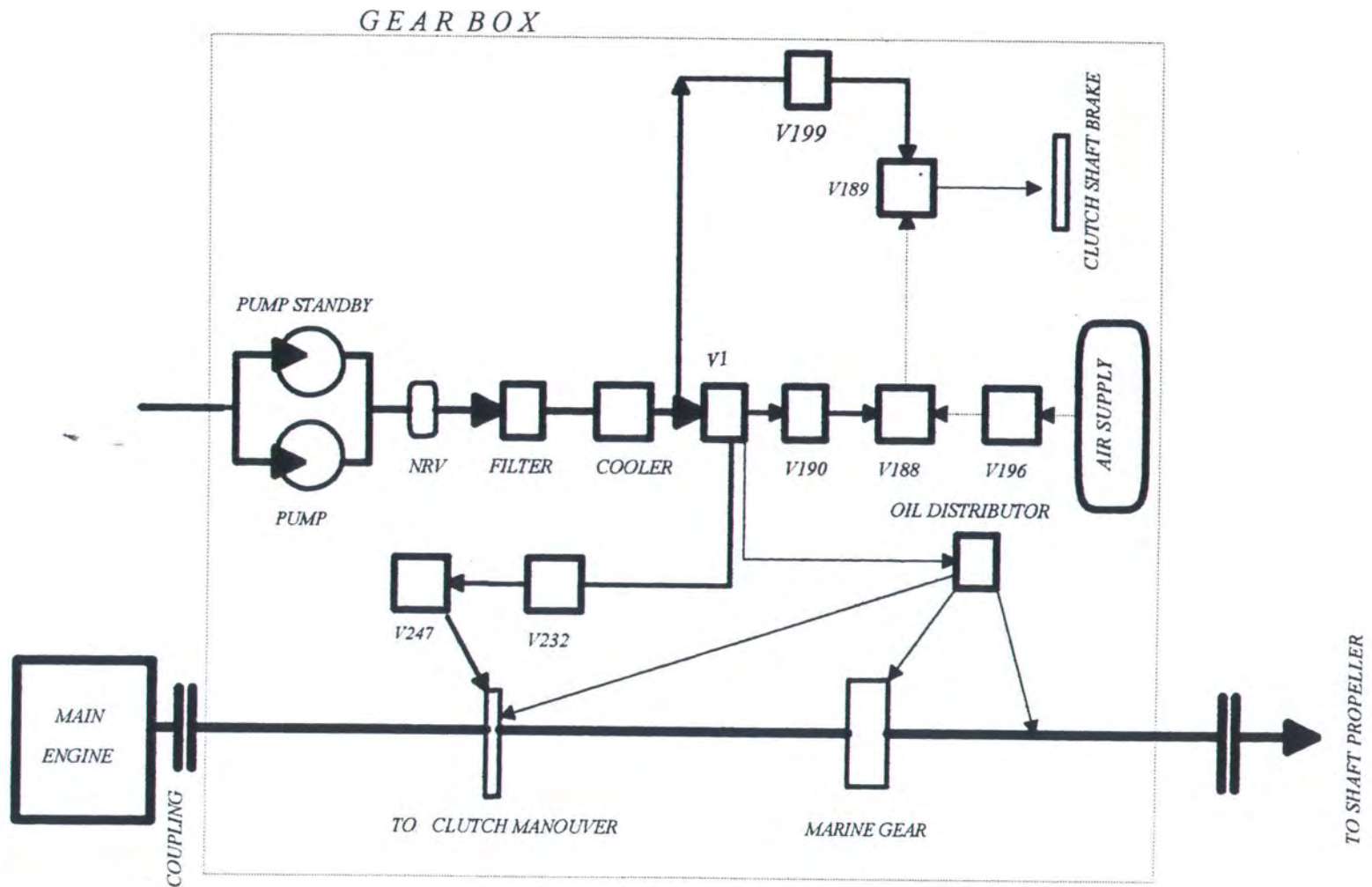
1. Gear pump : Pompa ini dihubungkan secara langsung dengan input shaft, ketika poros input berputar, pompa minyak menyediakan minyak bertekanan untuk pelumasan dan operasi clutch. Pompa ini dipasang pada rumah gear.

2. Filter minyak : tipe filter yang dipakai disini adalah duplex filter yang fungsinya menyaring minyak sebelum ke heat exchanger.
3. Heat exchanger : fungsi dari alat ini adalah menjamin temperatur tidak melebihi temperatur operasi, dengan menggunakan fluida pendingin air.
4. Pressure limiting valve, V247 : Untuk mengatur tekanan minyak sesuai tekanan operasi yang telah di-set oleh pabrik dan biasanya tidak memerlukan penyesuaian lagi. Bila tekanan minyak melebihi tekanan yang telah ditentukan (16 - 20 bar), katup akan membuka dan minyak mengalir.
5. Control valve, V1: Sebagai pengatur tekanan dan aliran, dimana ada tiga posisi yaitu stop ahead, astern. Katup ini dipasang pada pressure limiting valve dan pengontrolan dan berupa pneumatik atau elektrik, juga sebagai katup pengatur tekanan clutch.
6. Coupling: menghubungkan daya dari motor induk ke gear box dan juga dari intermediate shaft ke output shaft. Tipe kopling yang dipakai disini adalah flexible kopling.
7. Clutch : Menghubungkan poros output dan poros input secara tidak permanent, disini digunakan clutch fluida yang mana tekanan terhadap disk clutch digunakan tekanan fluida dan untuk memberikan penyambungan yang halus ketika kedua disk terhubung digunakan sistem delay pot.
8. Shutoff valve : Menghentikan aliran bertekanan apabila tekanan melebihi tekanan operasi, katup ini dipasang gear box jadi satu pressure gauge.
9. Non Return Valve : Katup tidak balik dimana aliran fluida mengalir searah dari pompa ke filter.
10. Temperatur Cooler: Terdiri dari temperatur sensor, temperatur switch, termometer, fungsinya menjaga temperatur fluida minyak pada $60^{\circ} - 70^{\circ} \text{C}$ untuk menjaga viskositas dari fluida tersebut dan menghindari kerusakan pada permukaan yang dilewati.
11. Oil distributor : Berfungsi sebagai pendistribusi minyak untuk pelumasan, bila katup kontrol pada posisi STOP (netral), Aliran minyak mengalir dari pressure limiting valve ke oil distributor.

12. Pressurizing Valve : Adalah katup pemberi tekanan yang menjadi salah satu dengan delay pot.
13. Control valve Pneumatis : Katup ini digerakkan oleh tekanan udara bila ON aliran fluida dari V1 lewat V199 mengalir ke shaft brake, bila OFF aliran tersebut tertutup.
14. Shuttle Valve : Sebagai katup skalar, dimana bila clutch dalam keadaan ON katup tersebut menghentikan aliran tekanan minyak ke katup V188 bila clutch dalam posisi ahead atau astern katup tersebut membuka dan aliran bertekanan mengalir ke V188.
16. 3/2 Way Valve : Sebagai katup pengontrol yang telah diset oleh pabrik sebesar 1,5 bar.
17. Solenoid Valve : Sejenis katup kontrol dimana digerakan secara elektrik dengan solenoid, katup ini sebagai saklar terhadap aliran udara bertekanan.
18. Pressure reducing valve : Bagian dari pengontrolan terhadap shaft brake yang berfungsi sebagai pemgontrol tekanan dengan jalan mengurangi tekanan, apabila tekanan melebihi 8 - 12 bar untuk mencegah torsi yang berlebihan.

Berikut diagram mekanisme sistem reduction gear yang terdiri dari sistem hidolik dan sistem mekanis, dengan keterangan sebagai berikut :

1.  Katup kontrol (V1) dalam posisi ahead dan astern dimana fluida dalam keadaan menekan clutch
2.  katup kontrol (V1) dalam posisi netral atau stop dimana fluida digunakan untuk pelumasan dan menekan shaft brake
3.  Aliran udara bertekanan sebagai penggerak katup kontrol (V189)



Gambar 3.1. - Diagram mekanisme reduction gear



TUGAS AKHIR

BAB IV

ANALISA KEANDALAN SISTEM REDUCTION GEAR PALINDO 500

BAB IV

ANALISA KEANDALAN SISTEM REDUCTION GEAR

PALINDO 500

1. Umum

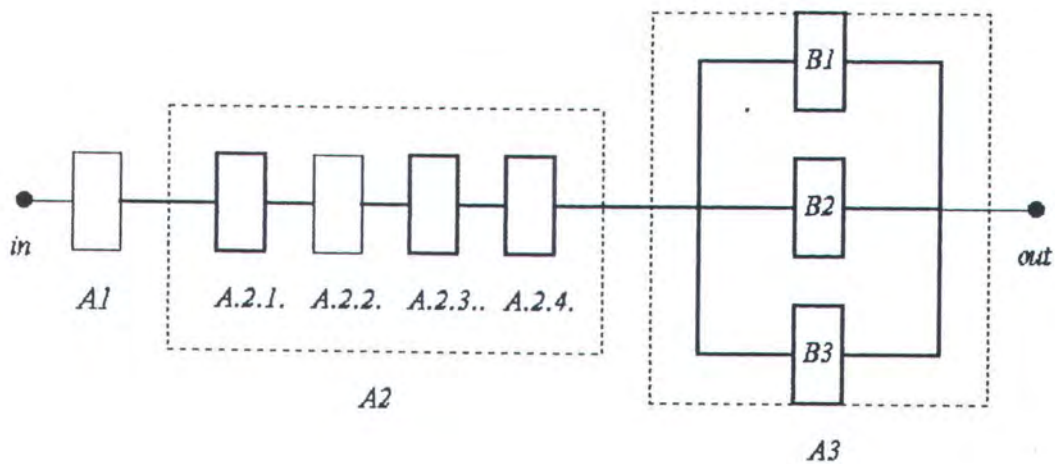
Analisa keandalan sistem ini berdasarkan diagram mekanisme yang ada dalam operating manual seperti dicatumkan dalam bab III (gambar 3.1.), juga analisa ini didasari dengan teori-teori dasar keandalan sistem dalam bab II. Karena sistem cukup rumit dan bercabang maka disini diperlukan penyederhanaan diagram untuk memudahkan analisa.

Tujuan dari analisa keandalan ini adalah mencari nilai - nilai keandalan sistem setelah sistem dioperasikan dalam interval jam operasi tertentu, disini sistem dioperasikan sampai 30.000 jam operasi atau lima tahun [*operating manual, GmbH, 1993*]. Dalam analisa keandalan ini dapat dicari rata - rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan sistem (MTTR) bila sistem memerlukan perbaikan, juga dalam analisa ini dicari nilai rata - rata kegagalan sistem bila sistem dioperasikan dalam interval jam - jam operasi tertentu. Data - data failure rate (λ) dan MTTR dari masing - masing komponen dapat dilihat di lampiran B, dimana nilai - nilai tersebut diambil dari percobaan dan pengalaman pemakaian.

2. Analisa Keandalan Sistem

Untuk mendapatkan analisa keandalan sistem digunakan metode Cut set yang terdiri dari minimal Cut set - minimal Cut set sebagai penyederhanaan dari sistem. Dengan menggunakan metode Cut set ini didapat persamaan keandalan sistem (R_{sistem}), dengan memasukkan nilai - nilai failure rate (λ, jam^{-1}) masing - masing komponen dan interval jam operasi. sistem akan didapat nilai keandalan sistem, dalam analisa ini ditampilkan hasil -hasil perhitungan dari

masing - masing minimal Cut set (sub sistem) sebagai perbandingan dengan hasil analisa sistem secara keseluruhan. Perhitungan - perhitungan dapat dilihat pada lampiran C, berikut diagram Cut set dari sistem:



Gambar 4.1 - Minimal Cut set sistem

Diagram sistem ini terdiri dari :

- minimal cut set A1
- minimal cut set A2
- minimal cut set A3

Berikut perhitungan untuk masing - masing minimal Cut set:

- Minimal Cut set A1, terdiri dari dua komponen pompa dengan susunan standby dengan menggunakan persamaan 2.4.9. didapat :

$$R_{A1} = e^{-0,341t} (1+0,341t)$$

- Minimal Cut set A2, terdiri dari:

minimal cut set A2.1.dengan komponen NRV, menggunakan persamaan 2.2.4. didapat:

$$R_{A2} = e^{-0.017t}$$

minimal cut set A2.2. dengan komponen filter, dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat:

$$R_{A3} = e^{-0.07t}$$

minimal cut set A2.3. dengan komponen Cooler, dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat :

$$R_{A4} = e^{-0.46t}$$

minimal cut set A2.4. dengan komponen katup kontrol clutch (V1), dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat :

$$R_{A5} = e^{-0.03t}$$

- Minimal Cut set A6 terdiri dari minimal cut set B1, minimal cut set B2, minimal Cut set B3
Minimal Cut set B1 terdiri dari minimal cut set B1A, minimal cut set B1B, minimal cut set B1C.

Untuk minimal cut set B1A terdiri komponen shuttle valve (V190), 3/2 way valve (V188), reducing valve (V196), air supply.

Dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat:

$$R_{B1A} = R_{V190} \cup R_{V188} \cup R_{V196} \cup R_{Air\ suppl}$$

dimana: $R_{V190} = e^{-0.046t}$

$$R_{V188} = e^{-0.021t}$$

$$R_{V196} = e^{-0.074t}$$

$$R_{Air\ suppl} = e^{-0.01t}$$

Untuk minimal cut set B1B terdiri dari komponen reducing valve(V199) dan katup kontrol (V189). Dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat :

$$R_{B1B} = R_{V199} \cup R_{V189}$$

dimana: $R_{V199} = e^{-0.01t}$

$$R_{V189} = e^{-0.021t}$$

Untuk minimal cut set B1C dengan komponen clucth.

Dengan menggunakan persamaan 2.2.4 didapat:

$$R_{clucth} = e^{-0.057t}$$

Sehingga untuk sub sistem clutch shsaft brake (minimal cut set B1) didapat:

$$R_{B1} = R_{B1A} \cup R_{B1B} \cup R_{B1C}$$

Dengan perhitungan di lampiran C1 didapatkan hasil perhitungan analisa keandalan sebagai berikut :

t (Jam operasi)	Rclutch shaft brake
0	1.0000000000E+00
1500	1.0000000000E+00
3000	1.0000000000E+00
4500	9.9999999997E-01
6000	9.9999999958E-01
7500	9.9999999729E-01
9000	9.999998887E-01
10500	9.999996561E-01
12000	9.999991266E-01
13500	9.999980786E-01
15000	9.999962113E-01
16500	9.999931461E-01
18000	9.999884348E-01
19500	9.999815736E-01
21000	9.999720209E-01
22500	9.999592190E-01
24000	9.999426162E-01
25500	9.999216896E-01
27000	9.998959670E-01
28500	9.998650463E-01
30000	9.998286123E-01

Tabel 4.1 - Hasil perhitungan analisa keandalan subsistem clutch shaft brake

Minimal cut set B2 dengan komponen V247 dan V232.

Dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat:

$$R_{B2} = R_{V247} \cup R_{V232}$$

dimana $R_{V247} = e^{-0.021t}$

$$R_{V232} = e^{-0.021t}$$

Sehingga untuk subsistem clutch manouver dengan perhitungan di lampiran C2, didapatkan hasil perhitungan analisa keandalan sebagai berikut :

t (jam operasi)	Rclutch manouver
=====	=====
0	1.0000000000E+00
1500	1.0000000000E+00
3000	9.9999999923E-01
4500	9.9999997703E-01
6000	9.9999983823E-01
7500	9.9999936747E-01
9000	9.9999820802E-01
10500	9.9999585851E-01
12000	9.9999168186E-01
13500	9.9998492218E-01
15000	9.9997472613E-01
16500	9.9996016659E-01
18000	9.9994026658E-01
19500	9.9991402254E-01
21000	9.9988042580E-01
22500	9.9983848193E-01
24000	9.9978722770E-01
25500	9.9972574534E-01
27000	9.9965317439E-01
28500	9.9956872101E-01
30000	9.9947166503E-01
-----	-----

Tabel 4.2 - Hasil perhitungan analisa keandalan subsistem clutch manouver

Minimal cut set B3 dengan komponen oli distributor, marine gear, shaft bearing, clutch. dengan menggunakan persamaan 2.2.4. didapat:

$$R_{B3} = R_{oil\ distributor} \cup (R_{marine\ gear} \cdot R_{shaft\ bearing} \cdot R_{clutch})$$

dimana $R_{oil\ distributor} = e^{-0.01t}$

$R_{marine\ gear} = e^{-0.057t}$

$R_{shaft\ bearing} = e^{-0.057t}$

$R_{clutch} = e^{-0.057t}$

Sehingga untuk subsistem pelumasan (*lubricating*) dengan perhitungan di lampiran C3 didapatkan hasil analisa keandalan sebagai berikut :

t (jam operasi)	Rlubricating
0	1.0000000000E+00
1500	1.0000000000E+00
3000	9.9999574522E-01
4500	9.9993663166E-01
6000	9.9970116904E-01
7500	9.9911959598E-01
9000	9.9799489464E-01
10500	9.9611857401E-01
12000	9.9328228100E-01
13500	9.8928610546E-01
15000	9.8394428559E-01
16500	9.7708888835E-01
18000	9.6857192961E-01
19500	9.5826630894E-01
21000	9.4606585979E-01
22500	9.3188475460E-01
24000	9.1565645499E-01
25500	8.9733235606E-01
27000	8.7688024106E-01
28500	8.5428263576E-01
30000	8.2953513031E-01

Tabel 4.3 - Hasil perhitungan analisa keandalan subsistem pelumasan

Jadi untuk Minimal Cut set A3 didapatkan :

$$R_{A3} = R_{B1} \cdot R_{B2} \cdot R_{B3}$$

- Sehingga analisa keandalan untuk keseluruhan sistem didapat hasil sebagai berikut :

$$R_{\text{sistem}} = R_{A1} \cup R_{A2} \cup R_{A3}$$

dengan perhitungan dilampiran C.4. didapatkan hasil perhitungan analisa keandalan sebagai berikut :

t (jam operasi)	Rsistem
0	1.0000000000E+00
1500	1.0000000000E+00
3000	9.9999574449E-01
4500	9.9993661120E-01
6000	9.9970103386E-01
7500	9.9911910252E-01
9000	9.9799359651E-01
10500	9.9611580589E-01
12000	9.9327718962E-01
13500	9.8927772970E-01
15000	9.8393168283E-01
16500	9.7707130106E-01
18000	9.6854898472E-01
19500	9.5823824190E-01
21000	9.4603375500E-01
22500	9.3185079467E-01
24000	9.1562417185E-01
25500	8.9730687791E-01
27000	8.7686853020E-01
28500	8.5429371323E-01
30000	8.2958028428E-01

Tabel 4.4 - Hasil perhitungan analisa keandalan untuk seluruh sistem

Dari hasil perhitungan diatas, tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pada jam operasi 0 - 1500 peluang sistem dioperasikan sukses adalah 1 atau keandalan sistem dalam menjalankan fungsinya secara baik 100% sukses. Setelah dioperasikan 1500 jam operasi peluang keandalan sistem mengalami penurunan karena komponen mulai lelah dan *failure rate* (λ, jam^{-1}) semakin besar sebanding dengan bertambahnya jam pengoperasian, sampai 30.000 jam operasi peluang keandalan sistem 0,82958 atau keandalan sistem dalam menjalankan fungsinya 82,958% sukses. Peluang keandalan sistem ini dipengaruhi oleh peluang keandalan subsistem - subsistem.

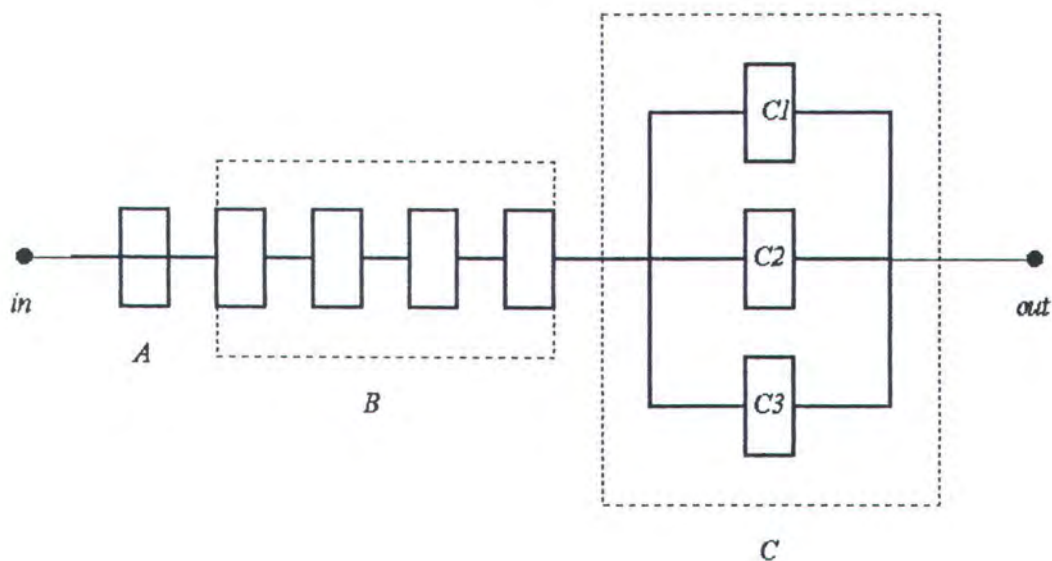
Dari hasil analisa keandalan masing-masing subsistem diatas terlihat bahwa subsistem clutch shaft brake mempunyai peluang keandalan yang terbesar seperti terlihat dalam tabel 4.1 dimana pada 0-3000 jam operasi memberikan peluang keandalan 1 atau peluang sistem dioperasikan untuk sukses adalah 100% sedangkan pada 30.000 jam operasi peluang sistem untuk dioperasikan sukses adalah 99,9983%, hal ini karena pada subsistem clutch shaft brake susunan komponennya adalah paralel dan nilai *failure rate* (λ) masing - masing komponen relatif kecil relatif. Untuk subsistem clutch manouver peluang keandalan pada 0-1500 jam operasi adalah 1 dan pada 30.000 jam operasi adalah 0.9947 (tabel 4.2) berarti peluang keandalan subsistem ini lebih rendah daripada peluang keandalan subsistem clutch shaft brake, hal ini disebabkan pada subsistem clutch manouver komponen-komponennya disusun seri walaupun harga *failure rate* (λ) masing-masing komponen relatif sama dengan harga *failure rate* (λ) komponen-komponen subsistem clutch shaft brake. Pada subsistem pelumasan (lubricating) hasil analisa keandalan pada 0-1500 jam operasi adalah 1 dan peluang keandalan ini mengalami penurunan lebih cepat dari pada subsistem lainnya, pada 30.000 jam operasi peluang keandalan sistem adalah 0,829535 penurunan peluang keandalan sistem yang cepat ini dipengaruhi oleh harga dari *failure rate* (λ) masing-masing relatif besar daripada komponen-komponen lainnya.

Jadi peluang keandalan suatu sistem atau subsistem sangat ditentukan oleh besarnya harga *failure rate* (λ) dari masing-masing komponen dan susunan dari komponen-komponennya.

Dalam susunan komponen yaitu seri, paralel, dan standby. Susunan standby dan paralel memberikan peluang keandalan yang menguntungkan, untuk susunan paralel *failure rate* (λ) komponen terdistribusi merata sehingga *failure rate*(λ) total lebih kecil daripada *failure rate*(λ)komponen penyusunnya (lihat persamaan 2.4.5.) dan di susunan ini minimal ada satu komponen sukses untuk sistem sukses. Dalam susunan standby, bila komponen utama gagal maka komponen standby akan menggantikan fungsi operasinya, sehingga *failure rate* (λ) mengalami perlambatan (lihat persamaan 2.4.9.). Susunan seri memberikan peluang keandalan paling tidak menguntungkan karena kegagalan komponen berakibat langsung terhadap kegagalan sistem dan *failure rate* (λ) total lebih besar daripada *failure rate* (λ)komponen penyusunan ini bisa dilihat pada persamaan 2.4.2.

3. Rata - rata waktu untuk perbaikan (MTTR)

Untuk mendapatkan rata - rata waktu perbaikan digunakan teori hubungan komponen seri-paralel. Diagram mekanisme (gambar) dapat disederhanakan menjadi diagram blok sebagai berikut:



Gambar 4.2. - Blok diagram untuk analisa MTTR

3.1. Perhitungan MTTR bagian A

Terdiri dari dua komponen pompa dengan sistem standby, dimana :

- Pompa, $\lambda = 0,341. 10^{-4}$

$$r = 7,6 \text{ jam}$$

dengan menggunakan persamaan 2.4.5 dan 2.4.6, didapatkan :

$$r_p = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

$$r_p = \frac{7,6 \cdot 7,6}{7,6 + 7,6}$$

$$= 3,8 \text{ jam}$$

$$\lambda_p = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}$$

$$\lambda_p = \frac{(0,341 \cdot 10^{-4})^2 (7,6 + 7,6)}{1 + 0,341 \cdot 10^{-4} \cdot 7,6 + 0,341 \cdot 10^{-4} \cdot 7,6}$$

$$\lambda_p = 1,627 \cdot 10^{-8}$$

3.2. Perhitungan MTTR bagian B, (r_B)

Terdiri dari komponen NRV, filter, cooler, katup kontrol clutch (V1) dengan susunan seri, dimana :

- NRV, $\lambda = 0,017. 10^{-4}$ $r = 7 \text{ jam}$

- filter, $\lambda = 0,07. 10^{-4}$ $r = 5 \text{ jam}$

- cooler, $\lambda = 0,046. 10^{-4}$ $r = 6,5 \text{ jam}$

- katup kontrol clutch, $\lambda = 0,03. 10^{-4}$ $r = 2 \text{ jam}$

dengan menggunakan persamaan 2.4.2. dan 2.4.3, didapat :

$$\begin{aligned} \lambda_s &= \lambda_{\text{NRV}} + \lambda_{\text{filter}} + \lambda_{\text{cooler}} + \lambda_{\text{V1}} \\ &= 0,163 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$U_s = (0,017. 10^{-4} \cdot 7) + (0,07. 10^{-4} \cdot 5) + (0,046. 10^{-4} \cdot 6,5) + (0,03. 10^{-4} \cdot 2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 82,8 \cdot 10^{-6} \\
 r_s &= \frac{82,8 \cdot 10^{-6}}{16,3 \cdot 10^{-6}} \\
 &= 5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

3.3. Perhitungan MTTR bagian C, (r_c)

Terdiri dari bagian - bagian C_1 , C_2 , dan C_3 :

- bagian C_1 terdiri dari C_{11} , C_{12} , C_{13} ,

untuk C_{11} dengan komponen,

- air supply, $\lambda = 0,01 \cdot 10^{-4}$ $r = 1 \text{ jam}$
- reducing valve (V196), $\lambda = 0,074 \cdot 10^{-4}$ $r = 1 \text{ jam}$
- 3/2 way valve (kontrol valve, V188), $\lambda = 0,021 \cdot 10^{-4}$ $r = 5 \text{ jam}$
- shuttle valve (V190), $\lambda = 0,046 \cdot 10^{-4}$ $r = 6 \text{ jam}$

dengan menggunakan persamaan 2.4.2. dan 2.4.3. didapat :

$$\begin{aligned}
 \lambda_s &= \lambda_{\text{air supply}} + \lambda_{V196} + \lambda_{V188} + \lambda_{V190} \\
 &= 0,151 \cdot 10^{-4} \\
 U_s &= (0,01 \cdot 10^{-4} \cdot 1) + (0,074 \cdot 10^{-4} \cdot 1) + (0,021 \cdot 10^{-4} \cdot 5) + (0,046 \cdot 10^{-4} \cdot 6) \\
 &= 46,5 \cdot 10^{-6} \\
 r_s &= 3,079 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

untuk C_{12} dengan komponen,

- reducing valve (V199), $\lambda = 0,01 \cdot 10^{-4}$ $r = 10 \text{ jam}$
- kontrol valve, (V189), $\lambda = 0,021 \cdot 10^{-4}$ $r = 5 \text{ jam}$

dengan menggunakan persamaan 2.4.2. dan 2.4.3, didapat :

$$\begin{aligned}
 \lambda_s &= \lambda_{V199} + \lambda_{V189} \\
 &= 0,031 \cdot 10^{-4} \\
 U_s &= (0,01 \cdot 10^{-4} \cdot 10) + (0,021 \cdot 10^{-4} \cdot 5) \\
 &= 20,5 \cdot 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$r_s = 6,6129 \text{ jam}$$

untuk C_{13} dengan komponen clutch, $\lambda = 0,057 \cdot 10^{-4}$ $r = 20$ jam, sehingga dengan menggunakan persamaan 2.4.5. dan 2.4.6, untuk susunan paralel dari C_{11} , C_{12} dan persamaan 2.4.2. dan 2.4.3. untuk susunan seri dengan C_{13} didapat $\lambda_{C1} = 4,597 \cdot 10^{-4}$ dan $r_{C1} = 2,32$ jam

untuk C_2 dengan komponen,

- katup pembatas tekanan (V247), $\lambda = 0,021 \cdot 10^{-4}$ $r = 5$ jam

- kontrol valve, (V232), $\lambda = 0,021 \cdot 10^{-4}$ $r = 5$ jam

dengan menggunakan persamaan 2.4.2. dan 2.43. didapat :

$$\lambda_s = \lambda_{V247} + \lambda_{V232}$$

$$= 0,042 \cdot 10^{-4}$$

$$U_s = (0,021 \cdot 10^{-4} \cdot 5) + (0,021 \cdot 10^{-4} \cdot 5)$$

$$= 21,0 \cdot 10^{-6}$$

$$r_s = 5 \text{ jam}$$

untuk C_3 dengan komponen,

- marine gear, $\lambda = 0,057 \cdot 10^{-4}$ $r = 20$ jam

- shaft bearing, $\lambda = 0,057 \cdot 10^{-4}$ $r = 10$ jam

- clutch, $\lambda = 0,057 \cdot 10^{-4}$ $r = 20$ jam

dengan menggunakan persamaan 2.4.5. dan 2.4.6, didapat $\lambda_p = 1,482 \cdot 10^{-13}$ dan $r_p = 5$ jam susunan

paralel ini disusun seri dengan oil distributor ($\lambda = 0,01 \cdot 10^{-4}$ $r = 11$ jam), didapatkan

$$\lambda_s = \lambda_{C3.1} + \lambda_{\text{oil distributor}}$$

$$= 10^{-6}$$

$$U_s = (1,482 \cdot 10^{-6} \cdot 5) + (10^{-6} \cdot 11)$$

$$= 11,0 \cdot 10^{-6}$$

$$r_s = 10 \text{ jam}$$

Sehingga untuk bagian C₃, didapat :

$$\lambda_{C1} = 4,597. 10^{-4} \quad r = 2,32 \text{ jam}$$

$$\lambda_{C2} = 0,042. 10^{-4} \quad r = 5 \text{ jam}$$

$$\lambda_{C3} = 0,01. 10^{-4} \quad r = 11 \text{ jam}$$

dengan menggunakan persamaan 2.4.5. dan 2.4.6, didapat $\lambda_c = 1,006 10^{-14} \quad r = 2,797 \text{ jam}$

3.4. Perhitungan Seluruh Sistem

Untuk keseluruhan sistem yang terdiri dari bagian - bagian A,B, dan C dengan susunan seri, didapatkan :

$$\lambda_A = 5,1832. 10^{-4} \quad r = 3,8 \text{ jam}$$

$$\lambda_B = 0,163. 10^{-4} \quad r = 5 \text{ jam}$$

$$\lambda_C = 1,006 10^{-14} \quad r = 2,797 \text{ jam}$$

dengan menggunakan persamaan 2.4.2. dan 2.4.3, didapat :

$$\lambda_s = \lambda_A + \lambda_B + \lambda_C$$

$$\approx 0,163.10^{-4}$$

$$U_s = (0,163 10^{-8} . 3,8) + (0,163. 10^{-4} . 5) + (1,006. 10^{-14} . 2,797)$$

$$\approx 0,163.10^{-4} . 5$$

$$r_s = \frac{U_s}{\lambda_s}$$

$$= 5 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan diatas waktu perbaikan rata- rata adalah 5 jam berarti bila sistem memerlukan perbaikan, rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 5 jam operasi. Dalam analisa perhitungan diatas susunan komponen sangat berpengaruh dimana susunan pararel lebih menguntungkan dari pada susunan seri hal ini bisa dilihat bahwa MTTR sistem pararel lebih kecil daripada MTTR masing-masing komponennya karena *failure rate* (λ) lebih kecil daripada *failure rate*(λ) komponen-komponennya.

4. Waktu Kegagalan Rata - rata (MTTF)

Rata -rata waktu kegagalan dari sistem dapat dicari dengan mengintegalkan persamaan yang didapat dari analisa keandalan sistem (sub bab 4.2), sesuai dengan persamaan 2.3.17 didapat

$$m = \int_0^{30.000} R_{sistem} dt$$

dimana :

$$R_{sistem} = R_{A1} \cup R_{A2} \cup R_{A3}$$

t = interval jam operasi, 0 - 30.000

Sehingga dengan analisa perhitungan di lampiran D, hasil analisa MTTF dari sistem reduction gear ini adalah sebagai berikut :

$$m = 23832,600 \text{ jam operasi}$$

Dalam analisa perhitungan MTTF diatas, bila sistem dioperasikan sampai 30.000 jam operasi didapat MTTF 23832,600 jam operasi, hal ini menunjukkan bahwa bila sistem dioperasikan sampai 30.000 jam operasi maka sistem akan gagal pada jam operasi 23832,600 lagi. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem, dapat kita lihat persamaan 2.3.17. diatas bahwa MTTF sistem sebanding dengan peluang keandalan sistem, bila peluang keandalan sistem semakin besar maka MTTF yang didapat semakin panjang.

5. Waktu Rata -rata Diantara Kegagalan (MTBF)

Dari hasil analisa MTTR dan MTTF kita dapatkan waktu rata - rata diantara kegagalan sistem reduction gear, dengan menggunakan persamaan 2.4.1. didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \text{MTTR} + \text{MTTF} \\ &= 5 + 53832,600 \\ &= 53837,600 \text{ jam operasi} \end{aligned}$$

Nilai MTBF ini sesuai dengan ekspresi gambar 2.4.2 menunjukkan bahwa pada 30.000 jam operasi waktu rata-rata diantara kegagalan adalah 53837,600 jam operasi jadi pada sistem reduction gear ini interval antara sistem beroperasi - gagal- beroperasi lagi adalah 53837,600 jam operasi.



TUGAS AKHIR

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisa keandalan sistem reduction gear Palindo 500 ini dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran-saran sebagai berikut :

1. Kesimpulan :

1.1. Ada empat parameter yang berpengaruh analisa keandalan sistem yaitu

- *failure rate* (λ, jam^{-1}) komponen, dimana semakin besar nilai *failure rate* komponen peluang keandalan sistem semakin kecil. Harga dari *failure rate* diambil pengalaman pemakaian dan percobaan, ada beberapa faktor yang menentukan harga *failure rate* ini yaitu beban (load), kekuatan (strength), kelelahan material (fatigue), dan korosi [o'connor,1991].
- bentuk susunan dari komponen-komponen yang menyusun sistem yaitu susun seri, paralel, atau standby.
- komponen-komponen yang dipakai
- metode analisa yang digunakan.

1.2. Metode Cut set yang digunakan dalam analisa keandalan sistem ini memberikan beberapa keunggulan dan ketidakunggulan sebagai berikut :

1.2.1. Keunggulan

- sesuai digunakan untuk analisa keandalan sistem yang kompleks.
- memberikan pendekatan yang mudah dan langsung dihubungkan ke bentuk-bentuk kegagalan sehingga dapat dengan jelas mengidentifikasi bentuk-bentuk kegagalan.
- dengan mudah diprogram kedalam digital komputer dengan penyelesaian yang cepat dan efisien.

1.2.2. Ketidakunggulan

- memberikan penyelesaian berupa persamaan keandalan (R_{sistem}) yang panjang.

- 1.3. Dalam analisa keandalan sistem reduction gear Palindo 500 didapatkan bahwa bila sistem dioperasikan dari 0 - 1500 jam operasi akan memberikan peluang keandalan sistem 1 atau peluang sistem ini dalam menjalankan fungsinya untuk sukses adalah 100%, karena dalam interval jam operasi tersebut komponen belum mengalami kelelahan atau hal-hal yang mengakibatkan harga failure rate membesar. Setelah dioperasikan 1500 jam operasi peluang keandalan sistem mengalami degradasi sampai 30.000 jam operasi dan pada operasi ini peluang keandalan sistem adalah 0,82958 kali ini berarti bila sistem dioperasikan sampai 30.000 jam operasi peluang sistem untuk dioperasikan secara sukses adalah 82,958%. Degradasi ini disebabkan oleh semakin besarnya failure rate akibat dari komponen semakin lelah dan semakin panjangnya jam pengoperasian. Nilai peluang keandalan seluruh sistem ini tergantung dari nilai peluang keandalan masing-masing subsistem, dimana subsistem clutch shaft brake memberikan peluang keandalan yang paling baik bila dibandingkan dengan dua subsistem lainnya, karena subsistem ini disusun paralel dan ada dua masukan.
- 1.4. Dalam analisa perhitungan untuk MTTR didapatkan 5 jam operasi yang berarti bila sistem melakukan perbaikan maka rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan adalah 5 jam operasi nilai ini sangat dipengaruhi oleh susunan komponen. Untuk waktu kegagalan rata-rata (MTTF) sistem reduction gear ini bila dioperasikan sampai 30 jam operasi adalah 23832,600 jam operasi artinya sistem akan gagal lagi setelah jam tersebut atau sistem akan gagal lebih kurang pada $30.000 + 23832,600$ jam operasi. Sehingga waktu diantara kegagalan (MTBF) adalah 523837,600 jam operasi.
5. Dalam analisa keandalan sistem ini, komponen yang disusun paralel atau standby memberikan peluang keandalan yang menguntungkan dari pada susunan seri, dimana dalam susunan standby bila salah satu komponen gagal maka komponen standby akan mengambil

alih fungsi operasinya, sedang dalam susunan paralel paling sedikit harus ada satu komponen sukses untuk sistem sukses dan *failure rate* terdistribusi merata, untuk dan susunan seri kegagalan komponen berakibat langsung terhadap kegagalan sistem.

2. Saran-saran :

1. Untuk komponen yang mempunyai *failure rate besar* (Cooler, air pressure reducing valve) perlu disusun paralel atau standby untuk mendapatkan *failure rate* yang lebih kecil sehingga menghasilkan peluang keandalan yang lebih baik.
2. Dalam pemakaian komponen perlu dihindari komponen-komponen yang mempunyai *failure rate* yang besar.
3. Perlu usaha-usaha untuk memperlambat peningkatan *failure rate* sistem berupa perawatan yang teratur dan pengoperasian yang benar.



TUGAS AKHIR

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Ramakumar, Engineering Reliability, Prentice Hall International, New Jersey 1993.
2. Beasley, M, Reliability for Engineer an Introduction, John Willey Sons. 1993.
3. Crowder, MJ, Kimber, AC, Smith, RL, Statistical Analysis of Reliability Data. 1991.
4. Soelarso, Perencanaan Elemen Mesin, Pradnya Paramita, Jakarta. 1978.
5. GmbH, Operating Manual Reduction Gear 1993.
6. Jardine, AKS, Maintenance, Replacement, and, Reliability. 1973.
7. O' Connor, P.D.T, Practical Reliability Engineering, John Willey and Sons. 1991
8. Yuwono, I.P, Aplikasi Program Dengan Turbo Pascal 5.5, Elex Media Kelompok Gramedia Jakarta. 1991.



TUGAS AKHIR

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Data Utama Reduction Gear

Eisenwerke REINTJES GmbH Postfach 101344 31784 Hameln

Ersatzteilliste / List of Spare Parts

Komm.-Nr. / Gear Number	57099
Baureihe / Model	WAF 1541
Untersetzung / Reduction Ratio	2,750 : 1
Antriebsdreh Sinn / Input Rotation	ANTICLOCKWISE
Abtriebsdreh Sinn / Output Rotation	CLOCKWISE
Motorhersteller / Engine Make	MAK
Motortype / Engine Model	S 20
Leistung / Engine Power	1200 KW
Motordrehzahl / Engine Speed	900 MIN-1
Motorleistungsmoment / Power/Speed Ratio - Engine	1,333 KW/MIN-1
zul. Leistungsmoment Getriebe / Power/Speed Ratio Allowable - Marine Gear	1,700 KW/MIN-1
Motordrehmoment / Engine Torque	12730,2 NM
zul. Drehmoment Getriebe / Allowable Torque - Marine Gear	16235,0 NM
Termin / Delivery Date	31.08.93
Abnahme / Marine Society	GL
Einbauzeichnung / Installation Drawing	0-104-50449 B
Drehschwingungsschema / Torsional Information	0-111-50336 B

LAMPIRAN B

Tabel Nilai Failure rate dan MTTR

Description	Code	Failure rate 10^{-4}	MTTR (hrs)	Source
LO Pump Mechanical	A0 6120	0.3410	7.6	SRF
Non Return Valve	A1 1073	0.0170	7	ATV
Filter	A0 6030	0.0700	5	ATV
Cooler	A0 8013	0.4600	6.5	OREDA
Clutch Control Valve (V1)	A0 6012	0.0300	2	EST
Shuttle Valve (V190)	A0 4050	0.0460	6	ATV
Control Valve (V188)	A0 4033	0.0210	5	ATV
Air Pressure Reducing Valve (V196)	A1 4017	0.0740	1	ATV
Air supply	A1 4131	0.0100	1	EST
Control Valve (V189)	A1 4071	0.0210	5	ATV
LO Pressure Control Valve (V247)	A1 1014	0.0210	5	ATV
Hydraulic Oil Pressure Control Valve (V232)	A0 4033	0.0210	5	EST
Gear Unit Mechanical	A0 6014	0.0570	20	EST
Clutch Unit Mechanical	A0 6011	0.0570	20	EST
Shaft Bearing	A0 2013	0.0570	10	EST
Oil Distributor	A1 1015	0.0100	11	EST
Reducing Valve (V199)	A1 1074	0.0100	10	ATV

Sumber CUT DATA, Swedia

LAMPIRAN C.1

Analisa Keandalan Subsistem Clutch Shaft Brake

```
(*****
** PROGRAM HITUNGAN ANALISA KEANDALAN SUBSISTEM **
**           CLUTCH SHAFT BRAKE           **
*****)

uses crt;
var  t:word;
     i:integer;
     RA1,RA2,RB1A,RB1B,RB1C,RB1,
     A,B,C,A1,A2,A3,Rclutchshaftbrake :real;
begin
  clrscr;
  writeln('  t (jam operasi)           Rclutch shaft brake      ');
  writeln(' =====');
  t:=0;
  for i:=0 to 20 do
begin
  RA1:=(exp(-0.341E-4*t)*(1+0.341E-4*t));
  RA2:=exp(-0.017E-4*t)+exp(-0.07E-4*t)+exp(-0.46E-4*t)
    +exp(-0.03E-4*t)+exp(-0.547E-4*t)+exp(-0.117E-4*t)
    +exp(-0.507E-4*t)+exp(-0.56E-4*t)-exp(-0.087E-4*t)
    -exp(-0.0477E-4*t)-exp(-0.047E-4*t)-exp(-0.53E-4*t)
    -exp(-0.10E-4*t)-exp(-0.49E-4*t)-exp(-0.577E-4*t);
  RB1A:=exp(-0.04E-4*t)+exp(-0.021E-4*t)+exp(-0.074E-4*t)
    +exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.141E-4*t)+exp(-0.77E-4*t)
    +exp(-0.13E-4*t)+exp(-0.0105E-4*t)-exp(-0.067E-4*t)
    -exp(-0.12E-4*t)-exp(-0.056E-4*t)-exp(-0.095E-4*t)
    -exp(-0.031E-4*t)-exp(-0.084E-4*t)-exp(-0.151E-4*t);
  RB1B:=(exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.021E-4*t)-exp(-0.031E-4*t));
  RB1C:=exp(-0.057E-4*t);
  A1:=RB1A+RB1B+RB1C;
  A2:=RB1A*RB1B+RB1A*RB1C+RB1B*RB1C;
  A3:=RB1A*RB1B*RB1C;
  RB1:=A1-A2+A3;
  A:=RA1+RA2+RB1;
  B:=RA1*RA2+RA1*RB1+RA2*RB1;
  C:=(RA1*RA2*RB1);
  Rclutchshaftbrake:= A-B+C;
  t:=1500*i;
  writeln(t:8,Rclutchshaftbrake:25);
end;
writeln(' -----');
readln;
end.
```

LAMPIRAN C.2

Analisa Keandalan SubSistem Clutch Manouver

```
(*****  
** PROGRAM HITUNGAN ANALISA KEANDALAN SUBSISTEM **  
** CLUTCH MANOUVER **  
*****)
```

```
uses crt;  
var t:word;  
i:integer;  
RA1,RA2,RB2,  
A,B,C,Rclutchmanouver :real;  
begin  
clrscr;  
writeln(' t (jam operasi) Rclutch manouver ');  
writeln(' =====');  
t:=0;  
for i:=0 to 20 do  
begin  
RA1:=(exp(-0.341E-4*t)*(1+0.341E-4*t));  
RA2:=exp(-0.017E-4*t)+exp(-0.07E-4*t)+exp(-0.46E-4*t)  
+exp(-0.03E-4*t)+exp(-0.547E-4*t)+exp(-0.117E-4*t)  
+exp(-0.507E-4*t)+exp(-0.56E-4*t)-exp(-0.087E-4*t)  
-exp(-0.0477E-4*t)-exp(-0.047E-4*t)-exp(-0.53E-4*t)  
-exp(-0.10E-4*t)-exp(-0.49E-4*t)-exp(-0.577E-4*t);  
RB2:=2*exp(-0.021E-4*t)-exp(-0.042E-4*t);  
A:=RA1+RA2+RB2;  
B:=RA1*RA2+RA1*RB2+RA2*RB2;  
C:=(RA1*RA2*RB2);  
Rclutchmanouver := A-B+C;  
t:=1500*i;  
writeln(t:8,Rclutchmanouver:25);  
end;  
writeln(' -----');  
readln;  
end.
```

LAMPIRAN C.3

Analisa Keandalan SubSistem Lubricating

```
(*****  
** PROGRAM HITUNGAN ANALISA KEANDALAN SUBSISTEM **  
**                               LUBRICATING                               **  
*****)  
  
uses crt;  
var  t:word;  
     i:integer;  
     RA1,RA2,RA2A,RA2B,RB3,  
     A,B,C,Rlubricating :real;  
  
begin  
  clrscr;  
  writeln(' t (jam operasi)           Rlubricating           ');  
  writeln(' =====');  
  t:=0;  
  for i:=0 to 20 do  
begin  
  RA1:=(exp(-0.341E-4*t)*(1+0.341E-4*t));  
  RA2:=exp(-0.017E-4*t)+exp(-0.07E-4*t)+exp(-0.46E-4*t)  
      +exp(-0.03E-4*t)+exp(-0.547E-4*t)+exp(-0.117E-4*t)  
      +exp(-0.507E-4*t)+exp(-0.56E-4*t)-exp(-0.087E-4*t)  
      -exp(-0.0477E-4*t)-exp(-0.047E-4*t)-exp(-0.53E-4*t)  
      -exp(-0.10E-4*t)-exp(-0.49E-4*t)-exp(-0.577E-4*t);  
  RB3:=exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.171E-4*t)-exp(0.181E-4*t);  
  A:=RA1+RA2+RB3;  
  B:=RA1*RA2+RA1*RB3+RA2*RB3;  
  C:=(RA1*RA2*RB3);  
  Rlubricating:= A-B+C;  
  t:=1500*i;  
  writeln(t:B,Rlubricating:25);  
end;  
writeln(' -----');  
readln;  
end.
```


LAMPIRAN C.4

Analisa Keandalan Sistem

```
(*****  
** PROGRAM HITUNGAN ANALISA KEANDALAN SISTEM **  
*****)
```

```
uses crt;  
var t:word;  
i:integer;  
RA1,RA2,RA2A,RA2B,RA3,RB1A,RB1B,RB1C,RB1,RB2,RB3,  
A,B,C,A1,A2,A3,Rsistem :real;  
begin  
  clrscr;  
  writeln(' t (jam operasi)          Rsistem          ');  
  writeln(' =====');  
  t:=0;  
  for i:=0 to 20 do  
begin  
  RA1:=(exp(-0.341E-4*t)*(1+0.341E-4*t));  
  RA2:=exp(-0.017E-4*t)+exp(-0.07E-4*t)+exp(-0.46E-4*t)  
    +exp(-0.03E-4*t)+exp(-0.547E-4*t)+exp(-0.117E-4*t)  
    +exp(-0.507E-4*t)+exp(-0.56E-4*t)-exp(-0.087E-4*t)  
    -exp(-0.0477E-4*t)-exp(-0.047E-4*t)-exp(-0.53E-4*t)  
    -exp(-0.10E-4*t)-exp(-0.49E-4*t)-exp(-0.577E-4*t);  
  RB1A:=exp(-0.04E-4*t)+exp(-0.021E-4*t)+exp(-0.074E-4*t)  
    +exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.0141E-4*t)+exp(-0.077E-4*t)  
    +exp(-0.13E-4*t)+exp(-0.0105E-4*t)-exp(-0.067E-4*t)  
    -exp(-0.12E-4*t)-exp(-0.056E-4*t)-exp(-0.095E-4*t)  
    -exp(-0.031E-4*t)-exp(-0.084E-4*t)-exp(-0.151E-4*t);  
  RB1B:=(exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.021E-4*t)-exp(-0.031E-4*t));  
  RB1C:=exp(-0.057E-4*t);  
  A1:=RB1A+RB1B+RB1C;  
  A2:=RB1A*RB1B+RB1A*RB1C+RB1B*RB1C;  
  A3:=RB1A*RB1B*RB1C;  
  RB1:=A1-A2+A3;  
  RB2:=2*exp(-0.021E-4*t)-exp(-0.042E-4*t);  
  RB3:=exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.171E-4*t)-exp(0.181E-4*t);  
  RA3:=RB1*RB2*RB3;  
  A:=RA1+RA2+RA3;  
  B:=RA1*RA2+RA1*RA3+RA2*RA3;  
  C:=RA1*RA2*RA3;  
  Rsistem:= A-B+C;  
  t:=1500*i;  
  writeln(t:8,Rsistem:25);  
end;  
writeln(' -----');  
readln;  
end.
```

LAMPIRAN D

Analisa MTTF Sistem

```
(*****  
** PROGRAM HITUNGAN ANALISA MTTF SISTEM **  
*****)  
  
uses crt;  
var t:word;  
    lower,upper,u,x,i:integer;  
    sum,tol,RA1,RA2,RA2A,RA2B,RA3,RB1A,RB1B,RB1C,RB1,RB2,RB3,  
    A,B,C,A1,A2,A3,Rsistem :real;  
function rsystem(t:real):real;  
begin  
    t:=0;  
    for x:=19 to 20 do  
begin  
    RA1:=(exp(-0.341E-4*t)*(1+0.341E-4*t));  
    RA2:=exp(-0.017E-4*t)+exp(-0.07E-4*t)+exp(-0.46E-4*t)  
        +exp(-0.03E-4*t)+exp(-0.547E-4*t)+exp(-0.117E-4*t)  
        +exp(-0.507E-4*t)+exp(-0.56E-4*t)-exp(-0.087E-4*t)  
        -exp(-0.0477E-4*t)-exp(-0.047E-4*t)-exp(-0.53E-4*t)  
        -exp(-0.10E-4*t)-exp(-0.49E-4*t)-exp(-0.577E-4*t);  
    RB1A:=exp(-0.04E-4*t)+exp(-0.021E-4*t)+exp(-0.074E-4*t)  
        +exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.0141E-4*t)+exp(-0.077E-4*t)  
        +exp(-0.13E-4*t)+exp(-0.0105E-4*t)-exp(-0.067E-4*t)  
        -exp(-0.12E-4*t)-exp(-0.056E-4*t)-exp(-0.095E-4*t)  
        -exp(-0.031E-4*t)-exp(-0.084E-4*t)-exp(-0.151E-4*t);  
    RB1B:=(exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.021E-4*t)-exp(-0.031E-4*t));  
    RB1C:=exp(-0.057E-4*t);  
    A1:=RB1A+RB1B+RB1B;  
    A2:=RB1A*RB1B*RB1C;  
    A3:=RB1A*RB1B*RB1C;  
    RB1:=A1-A2+A3;  
    RB2:=2*exp(-0.021E-4*t)-exp(-0.042E-4*t);  
    RB3:=exp(-0.01E-4*t)+exp(-0.171E-4*t)-exp(0.181E-4*t);  
    RA3:=RB1*RB2*RB3;  
    A:=RA1+RA2+RA3;  
    B:=RA1*RA2+RA1*RA3+RA2*RA3;  
    C:=RA1*RA2*RA3;  
    Rsistem:= A-B+C;  
    t:=1500*x;  
{ writeln(t:8,Rsistem:25);}  
end;  
rsystem:= Rsistem;  
end;  
procedure simps(lower,upper,tol :real;  
var sum :real);
```

```

var
  i
  t,deltat,evensum,oddsum,endsum,sum1
  pieces
begin
  pieces      := 2;
  deltat      := (upper - lower)/pieces;
  oddsum      := rsystem(lower+deltat);
  evensum     := 0.0;
  endsum      := rsystem(lower) + rsystem(upper);
  sum         := (endsum + 4 * oddsum) * deltat / 3.0;
  writeln (pieces :5, sum :7:3);
  repeat
    pieces    := pieces * 2;
    sum1      := sum;
    deltat    := (upper - lower) / pieces;
    evensum   := evensum + oddsum;
    oddsum    := 0.0;
    for i := 1 to pieces div 2 do
      begin
        t := lower + deltat * (2.0 * i - 1.0);
        oddsum := oddsum + rsystem(t);
      end;
    sum := (endsum + 4.0 * oddsum + 2.0 * evensum) * deltat/3.0;
    writeln (pieces:5, sum:7:3);
  until abs(sum - sum1) <= abs(tol*sum)
end;
begin (* main program *)
  clrscr;
  writeln(' t (jam operasi)      Rsistem      ');
  writeln(' =====');
  for u:=20 to 20 do
    begin
      lower :=0;
      upper :=1500*u;
      simps(lower,upper,tol,sum);
      writeln('    upper = ',upper :6,'    result = ',sum:7:3);
    end;
  readln;
end.

```

```

t (jam operasi)      Rsistem
=====
223833.600
423833.600
upper = 30000    result = 23832.600

```